Г. Е. ЖУРАВЛЕВ

Системные проблемы развития математической психологии



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ПСИХОЛОГИИ

Г. Е. ЖУРАВЛЕВ

Системные проблемы развития математической психологии



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА, 1983

В книге выявляются направления взаимодействия психологии и математики, подчеркивается, что системность должна стать основным принципом построения математической психологии. Эволюция математических моделей в психологии тесно связана с развитием теории информации, кибернетики и других наук. Комплексный подход, опирающийся на математическое моделирование, позволяет эффективно описать процесс переработки информации человеком, построить адекватные модели его адаптации к окружающей среде.

Ответственный редактор
член-корреспондент АН СССР
Б. Ф. ЛОМОВ

ГЕННАДИЙ ЕВГЕНЬЕВИЧ ЖУРАВЛЕВ

Системные проблемы развития
математической психологии

*

Утверждено к печати Институтом психологии АН СССР

Редактор издательства В. В. Рукман
Художник И. Е. Сойко. Художественный редактор С. А. Литвак
Технический редактор А. М. Сатарова
Корректор Н. Г. Васильева

ИБ № 25370

Сдано в набор 05.05.83. Подписано к печати 31.08.83. Т-15852.
Формат $84\times108^1/_{32}$. Бумага типографская № 2. Гарнитура обыкновенная
Печать высокая. Усл. печ. л. 15,12. Усл. кр. отт. 15,33. Уч.-изд. л. 16,6.
Тираж 5750 экз. Тип. зак. 2898. Цена 1 р. 10 к.

Издательство «Наука» 117864 ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90

2-я типография издательства «Наука»
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

$Ж\frac{0304000000-331}{042(02)-83}$ 17—1983—III

Предисловие

*

Среди психологов все в большей мере возрастает интерес к применению математических методов, что порой существенно изменяет характер самих психологических исследований. Прежде всего в том плане, что возникают новые возможности анализа психических явлений, предъявляются более строгие требования к понятийному аппарату психологической науки, к постановке задач исследования и построению новых теорий. Одной из причин проникновения математических методов в психологию является растущее применение психологических знаний на практике, которое требует строгости, точности, качественной и количественной определенности психологических методов, понятий, концепций и теорий. Использование точных методов исследования в психологии предполагает также обращение к вычислительной технике и теоретической кибернетике при изучении и моделировании явлений, связанных с деятельностью человека во всех сферах жизни.

Благодаря применению математики психология по точности и достоверности результатов исследования приближается к естественным наукам. В этой связи достаточно упомянуть модели психических процессов обнаружения.

Правда, подавляющее большинство математических моделей психических явлений имеет фрагментарный характер, относится к ограниченному, иногда случайно подобранному множеству переменных и потому обладает низкой прогностической ценностью, не позволяет выйти за пределы конкретных условий протекания описываемых процессов.

Специфическая организация объекта психологического исследования приводит к особой структуре психологического знания, что отражается и на применении математических методов. Специфика организации этого объекта заключается в его системности. Именно системная организация психических процессов и системные связи психологии с другими дисциплинами — вот наиболее существенные характеристики, которые отсутствуют

в современных математических моделях психических феноменов.

В реальной человеческой активности различные психические процессы неотделимы один от другого, они тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены.

Наряду с подобной «внутренней» системностью психики необходимо учитывать «внешнюю» системность, т. е. связь психологических аспектов действительности с аспектами, выделяемыми другими науками.

Психические явления не образуют замкнутой системы, существующей изолированно от других систем материального мира. Иными словами, нельзя рассматривать психическое в отрыве от физической, биологической и социально-экономической систем, к которым принадлежит человек. Попытки рассматривать психологию как замкнутую науку неизбежно заводят в тупик. Тем не менее психологические качества, раскрывающиеся в процессах субъективного отражения действительности и регуляции поведения, несводимы ни к физическим, ни к биологическим, ни к социальным (и ни к каким-либо иным) свойствам человека. И в то же время их невозможно вырвать из тех множественных отношений, в которых они реально существуют, рассматривать их самих по себе. Именно требование изучать психические явления в рамках более широкой системы создает огромные трудности при построении математических моделей.

Следует заметить, что простое рядоположение данных, накапливаемых в разных науках, еще не есть реализация системного подхода. Действительная задача системного подхода заключается в том, чтобы понять закономерные связи между данными различных наук.

Различные аспекты взаимодействия психологии с другими науками постоянно проявляются и при анализе проблем математической психологии. Например, философов интересуют проблемы взаимодействия психологии и математики. Психологи решают одну из фундаментальных философских проблем, проблему содержательности формальных методов, их соответствия богатству психических явлений. Кибернетики видят в психологии поле приложения теоретических результатов и источник эвристических принципов создания новых технических устройств. Математики надеются расширить логические основания своей науки, анализируя процессы человеческого мышления.

В результате одни и те же вопросы математической психологии включаются в круг проблем теории отражения, выступают под лозунгами бионики, фигурируют под знаком интуиционистской логики. Зачастую центральные проблемы математической психологии возникают в процессе решения конкретных технических задач, но в преобразованном виде, например, в исследованиях искусственного интеллекта. При решении технических задач порой забывается взаимосвязь фундаментальных научных проблем, теряется историческая перспектива. Но ведь только во взаимной соотнесенности многих аспектов, в генетическом развитии можно понять подлинный смысл проблемы и наметить реальную программу исследований.

Проблемы взаимодействия научных дисциплин имеют место и при построении конкретных математических моделей. Например, традиционная проблема связи психического и физического постоянно присутствует при моделировании регулятивных функций мозга. Это вполне естественно, поскольку субстратом психического является нервная система.

Однако попытки прямого сопоставления нейронных и психических процессов привели к формированию концепций, в которых психическое отождествлялось с физиологическим или определялось как его «субъективная сторона». Психический процесс рассматривался как «линейное» продолжение нейрофизиологического. Все эти попытки не дали принципиально новых результатов.

Примером подобных моделей могут служить нейронные сети У. Мак-Калоха и В. Питтса. В основе концепции нейронных сетей лежит следующее чисто внешнее допущение: поскольку нейрон человека можно в первом приближении рассматривать как пороговый элемент, то сети, построенные из этих элементов, должны по своим функциям воспроизводить функции головного мозга и, следовательно, человеческой психики. Однако последующее теоретическое и экспериментальное изучение проблемы показало, что «нейронные сети» представляют собой своеобразную вычислительную машину и их функционирование не более подобно деятельности головного мозга, чем функционирование любой ЭВМ.

Психическое в отношении к нейрофизиологическому выступает как системное качество: оно реализуется в динамике функционирования мозга как целостной системы, а не во множестве отдельных его элементов (как допускает,

например, «экранная» концепция психического образа).

Таким образом, психические качества человека несводимы к физиологическим, так же как и к физическим, социальным.

Человек как бы находится на пересечении многих разнопорядковых систем. В этом плане о его существовании можно говорить как о полисистемном процессе.

Хотелось бы подчеркнуть, что идея системного подхода не нова. Основы системного подхода в изучении общества были разработаны К. Марксом («Капитал» — блестящий образец системного подхода), в биологии — Ч. Дарвином, в химии — Д. И. Менделеевым. Системный подход с необходимостью вытекает из принципов диалектического материализма.

О системном характере психических явлений речь шла уже на заре развития психологии как самостоятельной науки, но в то время почва для системного анализа еще не была подготовлена. Психология должна была пройти длительный путь развития, связанный с ее дифференциацией, накоплением экспериментальных данных, отработкой методов анализа, проверкой различных подходов и схем, прежде чем такие условия сложились.

Сейчас трудно определить конкретные способы системного моделирования психических явлений. Однако можно наметить некоторые общие условия. Во-первых, когда мы рассматриваем психические явления в какой-либо одной системе координат и абстрагируемся от их других измерений, то, естественно, выявляем только один ряд свойств, получаем как бы срез в одной плоскости. Необходимо научиться синтезировать частные представления в целостную картину.

Во-вторых, система психических явлений многоуровневая, она включает ряд подсистем, обладающих различными функциональными качествами. Можно выделить три основных неразрывно взаимосвязанных подсистемы: когнитивную, в которой реализуется функция познания; регулятивную, обеспечивающую регуляцию деятельности и поведения; коммуникативную, формирующуюся и реализующуюся в процессе общения человека с другими людьми. Связи между разными уровнями (и разными подсистемами) неоднозначны и характеризуются высокой динамичностью. Это создает один из наиболее трудных моментов их модельного описания.

Следует отметить, что взаимосвязь психических явле-

ний зачастую не учитывается при построении математических моделей, и в этом один из источников потенциальных ошибок при интерпретации и использовании результатов моделирования. Возьмем, например, математические модели обучения, которые были предложены для описания простых экспериментов с вероятностным подкреплением. Попытки их последующего практического применения для разработки методов обучения человека (например, в связи с программированным обучением) оказались несостоятельными.

Вместе с тем математическое моделирование представляет собой средство интеграции накопленных знаний, объединения в одном процессе различных сторон моделируемого психического явления. Хорошим примером здесь может служить моделирование процессов принятия решения, которое развивается на стыке психологии, кибернетики, физиологии. Лишь в последнее время мы начали осознавать, что системный подход является необходимым условием развития математической психологии. Но здесь имеют место по крайней мере две проблемы: это, во-первых, недостаточная развитость самих математических методов и, во-вторых, слабая методологическая разработанность принципов применения существующих математических методов в психологии. Поэтому дальнейшее развитие математического моделирования в психологии будет определяться тем, насколько полно и глубоко психологи и математики смогут воспроизвести системность психических явлений и синтезировать в модели многообразные аспекты психологического знания. Можно надеяться, что системность станет основным принципом математического моделирования в психологии.

В предлагаемой вниманию читателей книге анализ системных проблем математической психологии проводится на нескольких уровнях. На первом уровне взаимоотношения психологии и математики рассматриваются как процесс междисциплинарного синтеза, в котором вычленяются три основных направления математизации психологии: через психофизику, психофизиологию и кибернетику. Будучи первоначально резко разделены, эти направления постепенно конвергируют, так что в настоящее время трудно провести четкую границу между ними.

Второй уровень анализа связан с дифференциацией предмета психологии и с намечающейся в настоящее время тенденцией системного синтеза различных направлений

психологической науки. В связи с этим автор кратко излагает историю процесса формирования системных представлений в советской психологии, показывает, что важным промежуточным этапом этого процесса было развитие деятельностных представлений. Автор дает суммарное представление об активности человека как сложной динамической системы и предлагает типологию единиц человеческой активности. Объединение многообразных психических процессов в системе человеческой активности (включая социальную) служит необходимым этапом в построении системных математических моделей психики.

Различным аспектам человеческой активности соответствуют различные направления современной математической психологии. Важнейшие из них группируются вокруг теории автоматического регулирования, теории игр и теории информации, из которых подробно рассматривается теоретико-информационный подход, нашедший наибольшее применение в психологии.

Взаимодействие наук оказывается зачастую чрезвычайно сложным процессом. Исследуя пути проникновения методов теории информации в психологию, автор включает в сферу анализа семиотику и прослеживает взаимодействие психологии, теории информации и семиотики на уровнях социальной деятельности, стыковки научных результатов и общности научных предметов.

Многие проблемы математической психологии особенно четко проявляются при попытке точного описания результатов экспериментально-психологического исследования. Поэтому вполне оправданно стремление автора проиллюстрировать проведенный системно-методологический анализ теоретико-информационного направления математической психологии на уровне конкретного экспериментально-психологического исследования времени реакции человека в ситуации выбора. Показано, что «закон Хика» о линейной зависимости времени реакции от энтропии источника сигналов является продуктом адаптивной активности человека и должен рассматриваться только как предельный. Анализ работы человека с условно-зависимыми случайными последовательностями символов позволил установить, что схематизация реакции выбора как марковского процесса допустима далеко не всегда.

По существу автор здесь исследует одну из актуальных проблем математической психологии, которая возникает на всех уровнях моделирования психики. А имен-

но — проблему адекватности выбранной математической схемы и структуры психических процессов. В последнее время проблема схемы была сформулирована М. Минским в форме понятия фрейма. Фрейм занимает промежуточное положение между обобщенной концептуальной теорией и конкретной математической моделью. Такие обобщенные математические конструкции, как стохастический процесс или теоретико-информационная схема, фактически выполняют функции фреймов, когда мы на их основе строим модели психических явлений. В более широком плане речь должна идти об адекватности фрейма и концептуальной схемы, что, несомненно, является системной проблемой, которая должна разрабатываться методами системного анализа.

Следующий уровень системного подхода в математической психологии связан с построением и анализом конкретных математических моделей психических явлений. В частности, исследуется проблема моделирования времени реакции человека в ситуации выбора. Предложенная автором модель представляет собой интересный вариант применения обучаемых стохастических автоматов для моделирования процессов адаптации человека при обработке случайных последовательностей сигналов.

Модель способна передать широкий диапазон зависимостей времени реакции от энтропии сигналов за счет изменений степени адаптивности и предварительной настройки. Кроме того, модель допускает обобщение на случай передачи условно-зависимой (марковской) последовательности сигналов, и здесь эффект адаптации будет столь же неоднозначен, как это наблюдалось в эксперименте.

В плане развития системных представлений математической психологии хотелось бы обратить внимание на то, что автору удалось формально различить в модели и содержательно интерпретировать понятия информационной и структурной ценностей сообщений, что может принести несомненную пользу, например, при информационном описании процессов обучения.

В заключение хотелось бы отметить, что психология в целом еще не достигла такой стадии развития, когда можно было бы с уверенностью сказать, что она представляет собой целостную науку, построенную на целостной системе оснований. Такую науку еще предстоит построить, и проект строительства должен разрабатываться системными методами. Математическая психология, по-видимо-

му, станет одним из краеугольных камней в фундаменте будущей системной психологии.

Итак, читатель имеет перед собой книгу, где предпринимается попытка анализа возможностей системного подхода к моделированию психических процессов и явлений. Разумеется, в книге нет системной модели психики. Она будет построена только в результате длительного периода развития и психологии, и математики. Можно надеяться, что полученные результаты станут стимулом для дальнейших усилий в деле решения проблем математической психологии с позиций системного подхода.

Член-корреспондент АН СССР
Б. Ф. Ломов

От автора

*

Термин «математическая психология» еще 15 лет назад вызывал чувство недоверия у большинства психологов и, напротив, радостное ощущение новаторства у немногих смельчаков, решившихся ступить на зыбкую почву формирующейся новой дисциплины. Сегодня положение иное: математическая психология признана и математиками, и психологами. Сложился ряд математических задач, таких, как различение символов, принятие решения в условиях неопределенности, устойчивость структур отношений в группе и другие, которые получили признание среди математиков и установили связи с традиционными разделами математики.

Психологи также убедились, что математическая психология не мешает им ставить эксперименты и проводить исследования, что они могут не беспокоиться о том, что какой-нибудь математик на своем непонятном языке раньше них уже все рассчитал и наперед определил.

Математическая психология приобрела репутацию почитаемого, хотя несколько чудаковатого члена психологического сообщества. В Европе, в США учреждены научные ассоциации математической психологии, во Всесоюзном обществе психологов есть соответствующая секция.

Казалось бы, математическая психология вполне сформировалась, определила свой предмет и вступила в зрелую, спокойную фазу развития. Однако наступившее спокойствие обманчиво, это — затишье перед бурей. Математическая психология поставила слишком много вопросов, на которые еще нет ответа. Кроме того, она не похожа ни на одну другую психологическую дисциплину, и до сих пор не понятно, какое основание (кроме факта применения математического метода) можно использовать для ее определения.

Когда мы пытаемся проследить истоки зарождения математической психологии, то с удивлением узнаем, что она возникла еще в начале XIX в. одновременно с научной психологией, но получила статус самостоятельной дисциплины лишь во второй половине XX в.

Математические модели психических явлений порой создаются в науках, весьма далеких на первый взгляд от психологии. Так произошло, например, с моделями реакции выбора. Напротив, психологические модели, скажем, поведения в конфликтных ситуациях, находят применение в различных сферах жизнедеятельности человека, при построении искусственного интеллекта и т. д.

Задачи, решаемые сегодня в рамках математической психологии, слишком разрозненны, чтобы о них можно было с уверенностью сказать, что они принадлежат одной дисциплине: что общего, к примеру, между управлением движением руки и структурой осознания в общении?

Наконец, наиболее ощутимый недостаток современной математической психологии состоит в том, что основные ее понятия и принципы оказались за пределами математического описания: социальность психики, единство сознания и деятельности, взаимосвязь дискретного и непрерывного в мышлении — эти и многие другие психологические постулаты трудно представить в формализмах современной математической психологии.

Можно отметить, что математизация, как правило, направлялась от границ психологии к ее центру. Иными словами, от задач, смежных с техникой, физиологией, педагогикой, экономикой, стремятся перейти к построению общей картины психических явлений. Однако результат неизбежно получается односторонним. Приходится надеяться, что со временем основные принципы психологии удастся представить в математической системе, синтезирующей и определяющей взаимосвязь большого числа понятий. Это позволит исследовать развитие психических явлений на достаточно длинном пути их изменения без постоянного обращения к ориентирам экспериментальных данных. Здесь необходимо отметить, что благие пожелания автора ничем не отличаются от высказанных Гербартом 150 лет назад. Уже в то время было ясно, что ускоренное развитие физики стало возможным благодаря математизации классической механики. Нет ничего удивительного, что аналогичные пожелания имеют место и в отношении психологии.

Но прежде чем математическая психология займет такое же место в своей науке, какое математическая физика занимает по отношению к физике, она должна будет перейти от решения частных задач к исследованию и математизации психологии как целого во взаимосвязи явле-

ний, взаимодействии составляющих дисциплин и смежных наук.

Широкое внедрение в психологию системной методологии позволяет сегодня поставить задачу представления психологии как системы и ее математического описания. В настоящее время мы можем начать подготовку к построению математической психологии как дисциплины, отражающей центральные, наиболее существенные аспекты психологической науки.

В связи с этим заранее предупреждаем читателя, что итогом предлагаемой его вниманию книги будут не новые математические модели, а скорее система проблем, разработка которых должна, по мнению автора, привести к созданию математической психологии по образцу и подобию математической физики.

В работе над книгой автор получал постоянную помощь и поддержку со стороны философов, психологов, математиков. Автор признателен Б. М. Кедрову, чья помощь неоценима в изучении междисциплинарных связей психологии. Автор благодарен Б. Ф. Ломову за подробное обсуждение книги и полезные пожелания, а также всем специалистам, прочитавшим первоначальный вариант рукописи и высказавшим свои критические замечания: К. А. Абульхановой-Славской, Ю. М. Забродину, А. Н. Лебедеву, А. Р. Познеру, А. В. Чернавскому, Ю. А. Шрейдеру, А. И. Левиной.

Автор рад возможности выразить свою глубокую признательность всем участникам семинара «Математическая психология» Института психологии АН СССР, кому пришлось выслушать доклады, положенные в основу настоящей книги: П. В. Баранову, В. Е. Лепскому, А. Е. Петрову, А. Л. Тоому, А. Ф. Трудолюбову и многим другим, а также студентам Московского, Ростовского и Ташкентского университетов, прослушавшим спецкурс математической психологии,— их отношение и вопросы были наиболее откровенными и потому наиболее полезными для отработки содержания книги.

Становление математической психологии

*

За последнее столетие психология из науки сугубо умозрительной становится наукой экспериментальной, направленной на решение проблем, имеющих важное значение, наукой необходимой и полезной во всех областях человеческого бытия. Производственная деятельность, воспитание, обучение, семейные отношения, отдых — все это оказывается в поле зрения психологии. В наше время психологические знания и рекомендации не являются достоянием только узкого круга научных работников; они широко распространяются, становятся массовыми.

Одна из возможностей обеспечить в этих условиях практическую эффективность приобретенных психологических знаний — придать им точность, строгость и непротиворечивость. Вне всякого сомнения, что достичь столь высоких требований можно, лишь опираясь на математику, на приложение ее методов в сфере психологических исследований. Психология, вооруженная математическими средствами, способна полнее удовлетворить возрастающие потребности общественной жизни и научно-технического прогресса.

Не следует забывать и о том, что собственная логика развития психологии также не отрицает необходимости применения математики: фиксируя условия внешнего физического мира и устанавливая соответствующие им поступки и внутренние переживания человека, а интерпретируя результаты психологического эксперимента, мы переводим «неуловимую материю души» на язык «ощутимых» чисел, с которыми — и это бесспорно — великолепно справляется математика. Иными словами, математические методы являются эффективным средством корректного представления и сжатия данных, опорой интуиции, ступенью к анализу и синтетическому познанию того бесструктурного целого, каким представляется на первый взгляд психика.

Математическая психология — это не только средство

уточнения понятий, но и инструмент систематизации (в смысле взаимного соотнесения и регламентации) психологических знаний.

Представление объекта психологического исследования во взаимосвязанной системе понятий облегчает распределение труда ученых, планирование их деятельности, анализ полученных результатов. Последнее, в частности, упрощает использование полученных знаний, например, в ходе проектирования и эксплуатации технических систем.

Математизация психологических знаний является шагом вперед на пути экстериоризации, перевоплощения человеческой деятельности в работу машин. Поэтому можно сказать, что математическая психология — это программа действия, программа создания новых машин. Математическая психология тесно связана с построением математических моделей психики. Обычно здесь задают вопрос: коль скоро получена математическая модель, не заменит ли она человека в его деятельности? Ответ на этот вопрос можно получить, если учесть, что модель отражает лишь некоторые частные аспекты человеческой деятельности. Только в рамках принятых ограничений и связей модель может выступать как заместитель объекта моделирования. Именно как заместитель (в полном смысле этого слова) оригинала модель не может существовать независимо от других аспектов объекта-оригинала, которые не подверглись формализации и явным образом не нашли в ней отражения. Соответственно машина, которая будет построена на основе модели, не способна действовать независимо от исходной системы человеческой активности.

Итак, требования практики и логика развития самой психологии поставили проблему ее синтеза с математикой. Но не теряет ли при этом психология собственный предмет исследования?

1. Проблема предметной содержательности математических моделей психики

Если взглянуть па область приложения современной психологии, то можно увидеть довольно пеструю картину. Создается даже впечатление, что вообще отсутствуют признаки, позволяющие уверенно отбирать исследования, относящиеся собственно к психологии. Ни общность языка, ни система методов, ни единство целей и задач уже

не могут служить надежным критерием для причисления той или иной научной работы к разряду психологической.

Есть исследования, в которых используются, казалось бы, сугубо психологические термины: «память», «восприятие», «обучение», но относятся они к объектам, не имеющим ничего общего с психологией,— к различного рода техническим устройствам. Мы сталкиваемся также с исследованиями, которые посвящены традиционному психологическому объекту — человеку, в них сохраняются решаемые в психологии задачи (например, обучения и восприятия), но при этом используется непривычный для психологии язык описания физических или кибернетических явлений и процессов [243; 105]. Наконец, можно сослаться на работы, по своему содержанию и целям исследования не имеющие, по сути дела, никакого отношения собственно к психологии, но тем не менее оказывающие значительное влияние на психологов, которые пользуются языком этих работ для описания психических процессов. Таковы, например, исследования по математической теории информации (К. Шеннон [252] и др.). Такое положение дел, вообще говоря, не случайно. Дело в том, что методы математической теории информации (и тесно с ней связанной кибернетики) находят приложение к объектам и процессам различной природы, как живой, так и неживой. Кибернетика как наука, изучающая процессы управления, переработки и хранения информации, с самого начала своего возникновения [40; 43; 252] наряду с решением задач управления техническими объектами ставила своей целью описание деятельности человека, его поведения. Н. Винер, один из основоположников кибернетики, применил методы, предназначавшиеся для технических приложений, для объяснения и описания процессов управления в живом организме. Собственно, весь пафос и научно-социальное значение работ Н. Винера состояли именно в расширительном понимании и употреблении процессов управления. «В наше время исследование автоматов — из металла или из плоти — представляет собой отрасль техники связи, и фундаментальными понятиями являются понятия сообщения, количества информации и т. д.» [40].

Вполне допустимо, что ни одна из высказанных Н. Винером идей не была абсолютно новой и могла быть сформулирована ранее в психологии или физиологии. Важно иное: был сделан шаг на пути построения системы понятий и представлений, не связанных жестко с физическим со-

держанием и свойствами описываемых объектов. По сути дела, основоположники кибернетики выдвинули программу будущих исследований: описать деятельность человека в новых универсальных понятиях. Например, Н. Винер рассматривал проблему формирования целостного образа — гештальта, проблему массовой коммуникации в обществе и многие другие, которые прежде относились исключительно к компетенции психологии и социологии, но причислил их к ведомству новой науки — кибернетики.

Работы К. Шеннона в области теории связи не только существенно повлияли на прогресс в технике передачи сообщений. К. Шеннон применил результаты теории информации для описания таких психологических процессов, как построение речевого сообщения и игровое поведение. Он не ограничился теоретическими работами, но и провел психологические эксперименты, предложив своим испытуемым предсказывать появление букв в печатном английском тексте, играть с вычислительной машиной и т. д.

С тех пор появилось большое число работ, посвященных изучению деятельности человека с позиций кибернетики. Можно ли огульно утверждать, что все эти работы не имеют отношения к психологии? Чтобы ответить на этот вопрос, следует выяснить отношения между предметами трех наук: психологии, математики и кибернетики. Иногда этот же вопрос формулируется иначе: какова психологическая содержательность математических и кибернетических моделей психических явлений?

Есть два способа ответить на вопрос о предметной содержательности междисциплинарного направления. Первый состоит в том, чтобы отмежеваться от нового направления, второй — в том, чтобы отказать ему в содержательной самостоятельности.

Первый, наиболее простой состоит в провозглашении в качестве предмета науки всего того, что еще не попало в сферу синтеза с другими науками. Неограниченность познания при такой стратегии обеспечивает гарантированный минимум «свободной территории».

Адаптивная фиксация предмета науки ради сохранения ее самостоятельности требует усилий и состоит в умении уточнить определение предмета науки так, чтобы это определение позволяло ассимилировать новые результаты в пограничных областях знания.

Согласившись с первой позицией, мы должны будем признать, что математическая психология не относится к психологии. Не случайно в СССР большинство публикаций о моделях поведения человека опубликовано не в психологических, а в технических журналах: «Автоматика и телемеханика», «Техническая кибернетика» и др. Математическая психология отвергается психологами-традиционалистами на основании ее «формалистической бессодержательности».

Формой реализации первого способа может стать, например, такое переопределение основной науки, чтобы новое направление к ней уже больше не относилось. Фактически, такую тактику применил Ф. В. Бассин при обсуждении вопроса о значении кибернетических моделей для психологии. Он предложил считать предметом психологии значимые переживания человека [16]. При таком определении, действительно, подавляющее большинство моделей психики (но не все: ведь есть модели эмоциональной избирательности, социальных установок и т. п.) отсекаются от психологии. Но вместе с ними придется отлучить от психологии и все исследования восприятия, моторики и многое другое.

Принимается как самоочевидное, что в математических формулах исчезает собственно психологическое содержание. Из поверхностного противопоставления формального и содержательного делается вывод, что математическая психология бессодержательна, поскольку она в какой-то мере уже формализована.

Такая подмена понятий, сводящая различие между формальным (идущим от формы, внешности) и неформальным (содержательным) к различию между формализованным (представленным в математической форме) и неформализованным (вербальным) совершенно недопустима. Легко перейти от содержательного анализа к поверхностному, формальному, оставаясь в рамках исключительно вербальных построений. Достоинства математической конструкции определяются полнотой описания действительности и прогностическими возможностями, а не принятой системой обозначений. Содержательность математической теории в психологии слагается из совершенства исходного описания психологических явлений и смысла применяемых математических операций.

Перспективы развития математической психологии связаны с выявлением психологического содержания су-

ществующих моделей и с разработкой принципов расширения объема психологического содержания, представимого в модельной форме.

Второй способ отрицания содержательности математических моделей психики проявляется в том, что за моделями закрепляется вспомогательная роль.

Исследуя проблему отношения моделей и представленного в них научного знания, А. Н. Леонтьев и Э. А. Джафаров приходят к выводу, что «процесс моделирования (и в том числе математического моделирования) представляет собой один из моментов развития психологических знаний, базирующийся на содержательном психологическом анализе и включающийся в него» [132, с. 13].

Нельзя не согласиться с тем, что становление математической психологии неразрывно связано с развитием всей психологической науки. Совершенно верно, что «недостаточно только математизировать, чтобы развивать психологию, надо также развивать психологическую теорию, чтобы можно было ее математизировать» [132, с. 11]. Высказанное здесь положение взаимосвязи между психологией и ее математическим воплощением подменяется далее утверждением об односторонней зависимости: «Математические методы могут только задавать психологическому анализу определенную направленность... Но сам этот анализ может проводиться только методами и средствами самой психологии» [132, с. 13].

Построение математических моделей — существенный момент в развитии любой теории, в том числе и психологической, это — этап фиксации в строгой и точной форме определенной совокупности знаний. Поэтому хорошая модель всегда содержательна, но чтобы выявить психологическое содержание модели необходимо выявить сущность применяемого математического метода и вскрыть связи модели с понятийной системой науки.

Более того, модель и лежащая в ее основе теоретическая схема, становясь частью общепсихологической теории, преобразуют предмет психологии и предопределяют систему, гештальт психологических явлений. Так было с теорией информации, теорией игр, теорией автоматического управления. В зарубежной психологии статистический метод факторного анализа на несколько десятилетий предопределил психологические теории мышления.

Существует еще один вариант негативного отношения к математической психологии. Его приверженцы высту-

пают под лозунгом борьбы против редукционизма, т. е. сведения психологии к другим наукам. Особенно четко в этом отношении высказывался А. Н. Леонтьев [131, с. 74]. Сходные идеи развивают В. М. Гордон и В. П. Зинченко [104], которые предложили развернутую классификацию форм редукционизма: нейрофизиологический, информационно-кибернетический, логико-педагогический и др. Проблема редукционизма особенно остро была поставлена в связи с созданием систем искусственного интеллекта и робототехники.

Между тем проблема редукционизма далеко не так проста, как может показаться.

В самом деле, использование методов и теоретических схем одной науки в системе понятий другой приводит к тому, что сами методы и получаемые на их основе результаты приобретают новое качество.

Когда, например, Больцман использовал законы механики для объяснения термодинамики газов [22], он не редуцировал термодинамику до механики. Напротив, благодаря рассмотрению взаимодействия большого числа частиц он получил эффект необратимости термодинамических процессов, чего не было в классической механике.

Равным образом, когда в психологии применяется модель идеального наблюдателя, заимствованная из статистической теории распознавания сигналов, она дополняется деталями, которые несущественны в теории распознавания, но наполнены содержанием в психофизике.

Поэтому, прежде чем навешивать ярлычок редукционизма на теоретическую схему, заимствованную от науки-донора, необходимо выявить системные качества математической модели, ее специфические привязки к теоретическим схемам науки-реципиента. В общем случае, учитывая возрастающее влияние математики и кибернетики на психологию, мы должны постоянно иметь в виду, что в науке существуют задачи, относящиеся к самой науке, использованию ее результатов, процессам управления наукой, которые настоятельно требуют четкой фиксации научной области. Сопоставление результатов, определение допустимых границ применения научных знаний, разработка учебных программ для подготовки кадров научных работников — эти и многие другие задачи не могут быть решены без четкого определения психологической науки. В противном случае психология может постепенно превратиться в один из разделов кибернетики, за-

нимающийся экспериментальным исследованием объекта «человек — машина». Поэтому перед современными психологами встает важная задача более четкого определения границ своей науки.

Итак, системный анализ математической психологии приводит к необходимости исследования двух групп проблем: во-первых, проблемы отношений психологии с другими науками, во-вторых, проблемы системного строения предмета психологической науки.

Рассмотрим прежде всего вопрос, в какой степени и в каком качестве математическая психология может считаться разделом психологии.

Психология, как и любая наука, подразделяется на различные дисциплины. Основания, по которым создается тот или иной раздел, могут быть весьма разнородными.

Одним из наиболее фундаментальных признаков, который был принят еще при зарождении психологии, является направленность научной работы на исследование одного из процессов, составляющих в совокупности психическую деятельность. Вычленяя основные психические процессы (восприятие, память, мышление, действование), а также их регуляторы (воля, эмоции), ученые соответственно классифицировали полученные знания.

Наряду с этим выделялись области деятельности человека, характеризующиеся особенностями внешнего, объектного проявления (речь, обучение, общение), и одновременно формировалась совокупность знаний о психических процессах, обусловливающих и сопровождающих эти виды деятельности.

Другая часть психологических дисциплин определялась по признаку контактов со смежными науками; так сформировались психофизика, психофизиология, психохимия (химические основы регуляции деятельности — психофармакология) и т. п.

Наконец, часть психологических дисциплин определялась областью практического приложения накопленных знаний — психология педагогическая, терапевтическая, инженерная, военная. Очевидно, что в силу неоднородности оснований дифференциации различные разделы перекрывались.

К сожалению, вычленить в психологии те разделы, к которым может быть приложен эпитет «математическая», подобно тому как это делается в отношении психологии восприятия, обучения или управления, вряд ли удастся:

сегодня мы просто не сможем указать ни одного раздела психологии, где математика не применялась бы в той или иной степени.

Различна глубина проникновения математических методов в психологическое содержание. Так, число может использоваться как индикатор наличия (отсутствия) наблюдаемого явления или характеризовать особенности его протекания. Кроме этого, в психологических теориях используются структурные, теоретико-множественные, логические и другие методы нечисленного математического описания. Неуклонно растет число работ, содержащих математические утверждения либо на классическом языке функциональных зависимостей, либо на языке алгоритмов, либо на языке статистики: любая экспериментальная работа завершается этапом математической обработки наблюдений, и, следовательно, психологические процессы и феномены представляются хотя бы частично в математической форме.

Следовательно, ни традиционные способы классификации психологических дисциплин, ни форма употребления математических методов не позволяют, казалось бы, выделить математическую психологию в особый раздел. Нельзя отрицать того, что принятая система классификации не однородна по используемым признакам, и допустимо введение новых оснований для выделения разделов. Известны случаи, когда методический прием или аппаратурные средства служили критерием для формирования научной области: хроматография в химии, рентгеноструктурный анализ в физике, энцефалография в физиологии. Поэтому математическая психология как совокупность методов могла бы рассматриваться в качестве своеобразной области психологии, включенной во все остальные (см. напр. [176; 236]). Но дело в том, что математические методы психологии слишком неоднородны, чтобы на их основе могла сформироваться целостная дисциплина. Методы статистики (факторный анализ, многомерное шкалирование) весьма далеки, например, от методов теории игр. Здесь необходим дифференцированный подход, ориентирующийся на специфику применяемых методов.

Поэтому целесообразно подойти к рассмотрению математической психологии с позиций науковедения. С этой целью проведем небольшое исследование и попытаемся выяснить, что представляет собой современная математическая психология, какие специфические проблемы она

решает, какие функции в этой синтетической дисциплине выполняют психология и математика, попытаемся определить собственно математическую психологию и ответить на вопрос о том, входят ли в математическую психологию все те разделы психологии, где применяется математика.

При решении вопроса о том, что же собой представляет математическая психология, возникают два возможных пути. Первый путь состоит в изучении работ, которые относятся к математической психологии. В основе своей это эмпирический путь и результатом движения в этом направлении может стать лишь некоторое образное представление о математической психологии. Насколько целостным и исчерпывающим будет сложившийся образ — дело случая и удачи.

Второе возможное направление следует назвать теоретическим. Оно опирается на анализ способов возникновения синтетических наук, их предметов, особенностей средств и методов. Результатом такого движения могло бы стать теоретическое построение предмета математической психологии.

Очевидно, прогностическая ценность двух подходов весьма различна. Если в первом случае, изучая хорошие литературные источники мы сможем только составить представление о том, чем является математическая психология в настоящее время, то во втором есть возможность получить общее представление о предмете математической психологии и даже выявить те ее аспекты, которые по каким-либо причинам не получили развития.

В конечном счете необходимы содержательно-генетический анализ истории математической психологии и оценка существующего уровня ее развития с целью выявления специфического содержания изучаемой области. Необходимо также сопоставить предметы психологии и математики с целью выявления общности вычленяемых ими содержаний.

2. Зарождение математической психологии. Генезис основных проблем

Задача эмпирического исследования математической психологии, подобно любым задачам, решаемым индуктивным методом, не имеет в начальный момент точной постановки и строгих критериев решения. На первых порах нам придется принять в качестве критерия принад-

лежности к математической психологии простейший признак — использование математических вычислений для описания психологических феноменов,— памятуя о его недостаточности. Но тогда мы сразу приходим к неожиданному выводу, что математическая психология возникла одновременно с научной психологией. Напомним об одном из таких моментов.

Как часто случается в развитии науки, исходным толчком к рождению научной психологии послужили требования практики. В конце XVIII — начале XIX в. интенсивно развивалось морское судоходство. Для надежного определения местоположения корабля в открытом океане необходимо было знать время. Возникла служба точного времени, которой ведали астрономы. По моменту прохождения звезды через меридиан они устанавливали точное астрономическое время, с которым сверялись хронометры всех судов. Необходимость согласовать наблюдения разных астрономов заставила провести первые психологические эксперименты и точно измерить время реакции астронома-наблюдателя, что было бы невозможно без использования математических методов [21].

Дальнейшее развитие психологии также неразрывно связано с совершенствованием используемого математического аппарата и расширением областей его применения. Отметим основные направления и этапы этого процесса.

Важный вклад в создание математической психологии внес И. Ф. Гербарт, немецкий ученый начала XIX в. Его работа велась в двух направлениях: методологическом и математико-психологическом. Как методолог И. Ф. Гербарт разрабатывал принципы применения математики в психологии, развернутое изложение которых дано, в частности, в докладе «О возможности и необходимости применять в психологии математику» [60], прочитанном им 18 апреля 1822 г. В плане собственно психологических исследований И. Ф. Гербарт предпринял попытку дать математическое описание психического бытия представлений. Были введены основные понятия, характеризующие представления: затемнение, задержка, стремление, напряженность, остаток представления,— между которыми были установлены математические отношения в статике и динамике.

Параметры и процессы, введенные в употребление И. Ф. Гербартом, можно распознать и в некоторых современных теоретических концепциях. Достаточно сказать,

что в построенной им системе описания в неявном виде присутствовали понятия сознания, самосознания, бессознательного и подсознательного. Описание процессов памяти, например, также весьма близко современному — с экспоненциальным законом затухания, с явлениями ретро- и антероградной амнезии.

Системе И. Ф. Гербарта недоставало соотнесенности с предметной сферой деятельности и экспериментального обоснования. Слабость методологической позиции И. Ф. Гербарта заключалась в преувеличении значения интроспекции, самонаблюдения как источника психологических знаний. Некоторые из предложенных И. Ф. Гербартом дифференциальных уравнений, выражающих отношения между характеристиками представлений, сегодня могут показаться наивными. Но он был прав в основном: «В том и заключается величайшее благодеяние математики, что гораздо прежде, чем мы овладеем достаточно определенным опытом, можно обозреть возможности, в области которых где-нибудь должна лежать действительность» [60, с. 9].

На базе созданной Гербартом системы описания возникла более простая задача экспериментальной идентификации модели с реальностью: характеристикам, описывающим представления, следовало придать численные значения, исходя из наблюдаемой действительности, и, проследив их эволюцию, соотнести с реальными изменениями. Первый этап решения этой задачи проделал Г. Т. Фехнер, создав основания теории психических измерений, чем поднял математическую психологию на новую ступень [233]. Исходные методологические и содержательные посылки теории Фехнера повторяли положения Гербарта. По существу Фехнер даже не вышел за пределы интроспективного метода: в ходе эксперимента испытуемые сообщали о своих ощущениях. В процессе самонаблюдения возникает ряд трудностей и ограничений, на которые указывает современная методология психологии, но в конечном счете метод интроспекции как инструмент познания играет существенную роль и в настоящее время.

Математический метод Гербарта, подкрепленный экспериментальным приемом Фехнера, привел в дальнейшем к созданию особой дисциплины, которую можно было бы назвать математической психофизикой (см. напр. [98]).

В классических экспериментах Х. Эббингауза [278] математические методы были использованы для описания

процессов памяти. Причем в качестве внешнего параметра, свидетельствующего о прочности представления, был применен «объективный» критерий правильного воспроизведения предложенных для запоминания бессмысленных слогов.

Основной недостаток исследований Ф. Гербарта — оторванность от реальной активности человека. Содержание его работы — феноменология представлений и ее математическое выражение. Последующие работы Г. Фехнера и Х. Эббингауза, казалось бы, продолжали изолированное изучение психологических феноменов, однако, стиснутые рамками операционализма, они вынуждены были «объективировать» субъективные переживания и тем перешли границу чистой феноменологии: фиксируя внешние корреляты психических функций, они как бы продлевали изолированный психический феномен до состояния завершенности, уподобляя его деятельному акту.

От первоначальной фиксации интроспективных переживаний экспериментаторы постепенно перешли к регистрации внешних проявлений активности человека. Однако заполнение недостающих звеньев не фиксировалось и не осознавалось. В этом общая черта подходов Фехнера и Эббингауза: теоретическая конструкция, которая служит основанием для интерпретации измерения, описывает побочную характеристику психического процесса. Ни время реакции, ни точность запоминания, ни сила ощущения, ни свежесть представления не описывают структуру и протекание тех процессов, которые приводят к ответному действию, запоминанию, восприятию, обработке представлений, мышлению. Вместо диады «объект — активный субъект» здесь рассматривался только субъект вне его связи с предметной действительностью.

Вследствие неполноты модельных представлений мы вправе оба указанных подхода рассматривать как одно направление, развитие которого привело к разработке аппарата математико-статистических методов психологии (субъективные шкалы, факторный анализ, теория психологических измерений).

Крайним выражением этого направления стал бихевиоризм. Схема «стимул-реакция», отбрасывающая сложность и многообразие психической жизни, послужила идейным фундаментом для построения многочисленных поведенческих моделей.

Одновременно в психологии складывалось другое направление — физиологическое, которое исподволь подготавливало почву для своих математических методов. При этом человек из субъекта активного отражения превращался в объект естественнонаучного исследования.

Выдвинув задачу построения материалистической теории психических процессов, физиологи должны были разработать и доказать существование механизмов, ответственных за реализацию психических функций. В этом направлении значительные результаты были получены русской школой физиологов (И. М. Сеченов [198], И. П. Павлов [171], Н. А. Бернштейн [19], П. К. Анохин [11] и др.). В рамках этого направления создавалась математическая теория управления организмом: от рефлекса до функциональных систем.

Третий массив работ, казалось бы, совершенно не относился к психологии и создавался в лоне чистой математики. Мы имеем в виду основополагающие труды Дж. Буля в области исчисления высказываний. Несмотря на название основной работы Дж. Буля «О законах мышления», построенную им систему никогда не относили к психологическим моделям. Потребовался век, чтобы исследования Ж. Пиаже позволили заполнить разрыв между логикой и психологией. В работе «Логика и психология» Ж. Пиаже создал образец методологического анализа отношений математики и психологии. Выделив логику как абстрактную нормативную теорию мышления, Ж. Пиаже построил опосредующий уровень — психологику как науку о реализации нормативной теории в реальных мыслительных операциях человека [175]. В рамках психологии возникают интересные математические проблемы логической полноты заданного набора мыслительных операций. Один из фундаментальных результатов Ж. Пиаже связан с прослеживанием послойного формирования систем мыслительных операций в онтогенезе.

Работы третьего направления имели одно несомненное достоинство — продуктивность. Нормативные математические модели позволяли получать результаты мышления независимо от субъекта мышления, что и было использовано в конечном счете в вычислительных машинах.

Таким образом, можно утверждать, что развитие психологии неразрывно связано с созданием и применением математических методов. Убедительной иллюстрацией этого положения является книга «Математика и психоло-

гия», выпущенная под редакцией Дж. Миллера [303], в которую вошли многие математико-психологические исследования, выполненные на протяжении более чем 100 лет, начиная с работ Фехнера.

Если говорить о современном состоянии математической психологии, то трудно назвать общее число работ по математической психологии, но заведомо оно превышает сотни [219]. У нас в стране и за рубежом издан ряд монографий, руководств, учебников и сборников. Выходят журналы «Mathematical Psychology», «Psychometrics», «Simulation and Games». Работы по математической психологии публикуются и в других журналах.

Одними из первых и до настоящего времени весьма авторитетными публикациями явились многотомные справочник [300] и хрестоматия [299] по математической психологии, вышедшие в начале 60-х годов, в которых редакторы-составители подобрали материалы, освещающие с помощью математических методов фундаментальные проблемы современной психологии. В частности, были рассмотрены основные вопросы теории измерения: описание и классификация результатов экспериментов, распознавание и выбор альтернатив, проблема психофизического шкалирования, моделирование времени реагирования (включая использование для этого вычислительной техники). Измерение рассматривалось как вторичный процесс, включающий «наложение» на исследуемую ситуацию определенной теоретической конструкции.

Редакторы подобрали большое число работ, посвященных математической теории обучения. В ряде статей руководства и хрестоматии конструируются и исследуются модели социально-психологических процессов, имеются работы по психофизиологии сенсорных систем, проблеме узнавания, формированию субъективных вероятностей.

Большое число работ в области математической психологии выполнено с целью решения инженерно-психологических задач. Вопросы математического моделирования обсуждались на всех съездах Общества психологов СССР, на отдельных симпозиумах и семинарах. Наибольшее распространение среди советских психологов получили методы теории информации для описания основных психических процессов (см. напр. [122]). В плане оценки эффективности деятельности человека значительное внима-

ние уделяется методам упрощенного описания на языке теории надежности и массового обслуживания ([153а] и др.).

В 1970 г. появились два первых учебника по математической психологии. Один из них, подготовленный К. Кумбсом, Р. Дэвисом и А. Тверским [277], в интересной, доступной форме излагает проблемы, поставленные ранее в [275; 300]. Имеется также новый материал, в частности по нечисловым моделям. Другой учебник, написанный Ф. Рестлом и Дж. Грином [306], ориентирован в значительной мере на математическую теорию обучения.

Несколько особняком стоят исследования, связанные с применением такого математического раздела, как топология. Некоторые из них опубликованы сравнительно давно, в конце 20 — начале 30-х годов, однако не получили широкого развития, что вызвано их «бесполезностью» для практических целей (см. напр. [297]). Сравнительно недавно появились интересные топологические модели поведения человека, использующие теорию катастроф.

Методы математической психологии могут быть разбиты на две большие группы. К первой относятся математические методы статистики, обработки результатов экспериментов, многомерного шкалирования. К второй — методы математической теории управления, теории игр, теории информации, математической логики.

В целом можно сказать, что математическая психология, формируясь стихийно, без удовлетворительной методологической основы, без четких определяющих критериев, стала важной отраслью современной психологии [144; 24; 28; 288; 290; 294; 31; 55; 161; 229]. В этой отрасли проводятся многочисленные исследования, их результаты используются специалистами всех остальных областей психологии [280; 296; 105; 298; 272].

3. Проблема синтеза математики и психологии

Оставаясь в рамках эмпирического изучения математической психологии, мы можем выявить основные направления развития математической психологии, но не получим существенных результатов для определения предмета этой синтетической научной области, т. е. для выявления содержания математических моделей психики.

Решение проблемы синтеза наук возможно только в рамках диалектического соотнесения ее с вопросом классификации наук: анализируя особенности каждой из дис-

циплин, проводя их упорядочение, мы можем проследить, как эти особенности преобразуются в процессе синтеза. В это же время присвоение той или иной науке места в общей системе невозможно без предварительного выявления ее взаимоотношений с другими дисциплинами.

Начнем с обсуждения проблемы синтеза в целом, затем выявим особенности психологии и математики, что позволит непосредственно перейти к изучению процесса формирования математической психологии.

Слияние, синтез наук и проблема их взаимоотношений исторически возникли давно. Наряду с математической психологией можно сослаться на математическую лингвистику, биологическую кибернетику, наконец, на прочно вошедших в науку химическую физику и молекулярную биологию. Синтетические науки существуют, развиваются, и, более того, создается впечатление, что основная масса результатов формируется именно на стыках научных областей. Как в общем случае возникают синтетические науки и как они относятся к наукам исходным?

В последнее время различным аспектам проблемы синтеза наук большое внимание уделяют науковеды, философы, методологи и специалисты конкретных областей знания [155].

Рассматривая процесс синтеза научного знания, М. В. Мостепаненко пишет, что «наиболее тесный вид взаимосвязи наук имеет место тогда, когда в процессе развития познания строятся научные теории, объединяющие ряд таких наук, которые до этого имели преимущественно описательный или эмпирический характер и развивались относительно самостоятельно» [160, с. 6]. И далее: «Возьмем ... акустику, сопротивление материалов, гидравлику, баллистику и астрономию. До появления теоретической механики все они имели описательный, сугубо эмпирический характер. С возникновением теоретической механики ... эти науки стало возможным рассматривать в качестве разных разделов одной науки — механики» [Там же]. Таким образом, одним из существенных моментов синтеза наук является процесс построения теоретической схемы, охватывающей собой содержание прежних, по существу эмпирических наук.

Однако пример психологии показывает, что создание общей теории не уничтожает дифференциацию наук. Это косвенно признает и М. В. Мостепаненко: ведь все

упомянутые им науки не прекратили своего существования, они существуют и развиваются поныне, после создания теоретической механики.

Астрономия, гидравлика, акустика, баллистика не стали всего лишь разделами одной объемлющей науки; содержание астрономии не ограничивается решением только задач механики, а, скажем, процесс течения реальной жидкости, изучаемый гидравликой, порой весьма далек от теоретических расчетов и представлений.

В применении к психологии особенно отчетливо проявляются недостатки тенденции к избыточной генерализации какой-либо одной теоретической схемы: совсем недавно мы были свидетелями попыток свести всю психологию к информационным процессам (см. напр. [136]).

Отметим, кстати, что в психологии также широко применялись и применяются схемы механики: еще Ф. Гербарт описывал динамику представлений, которая затем возродилась в концепциях З. Фрейда (работа вытеснения) и К. Левина (напряженность психического поля), но теоретическая механика не заместила и не может заместить психологию.

Не отрицая существования в научной практике возможности переноса понятий (моделей, теорий) и признавая его гносеологическую и эвристическую ценность, мы считаем необходимым отметить, что этим процесс взаимодействия наук отнюдь не исчерпывается. К сожалению, использование систем представлений, не адекватных процессу взаимодействия, встречается весьма часто.

Так, в науковедении говорят о «стыке» наук, их «пересечении» и т. п. Использование этих и подобных терминов опирается на механические модельные представления. Внимательное же изучение существа взаимодействия наук показывает, что сложность процесса взаимодействия наук далеко не исчерпывается чисто механическими аналогиями. Содержание этого процесса много богаче и включает всю сложность познания: диалектика это и есть синтез.

Проблема синтеза наук в процессе диалектического развития познания была исследована Б. М. Кедровым.

В качестве основных процессов синтеза наук Б. М. Кедров рассматривает три следующих: 1) синтез противоположностей общего и частного (отдельного), в результате которого взаимодействуют науки более общего и менее общего

характера, подобно математике и естественным наукам; 2) синтез противоположностей низшей и высшей ступеней познания, когда в истории объекта или в истории его познания высшая ступень исторически и логически возникает из низшей; 3) синтез как достижение единства противоположностей, как взаимосвязь противоречивых сторон объекта (например, его устойчивости и изменчивости) или человеческой деятельности (абстрактно-теоретической и производственно-практической) [110, с. 13].

В рассматриваемых процессах синтеза важно то, что они: 1) несводимы один к другому, 2) их форма инвариантна сферам знания.

Б. М. Кедров рассматривает третий процесс в двух формах: «синтез внешнего порядка», в котором, например, естествознание фигурирует в качестве одного из компонентов наряду с другими науками (например, общественными и техническими), и «синтез внутреннего порядка», который не выходит за рамки собственно естествознания. Этот внутренний синтез может быть межотраслевым, затрагивая взаимосвязи между отдельными естественными науками, либо внутридисциплинарным, протекая в рамках одной науки [110, с. 13].

Данная типология научного синтеза не может быть непосредственно применена к взаимодействию математики и психологии. В ходе исторического обзора и краткого анализа современного состояния математической психологии мы уже обратили внимание на то обстоятельство, что использование в психологии математических методов осуществляется по трем различным направлениям, отличающимся прежде всего их отношением к предмету психологии.

Так, в отношении первого направления, характеризующегося описанием психологической феноменологии, мы должны заключить, что оно развивается по типу внешнего синтеза. Второе направление, опирающееся на данные физиологии и описывающее функциональные механизмы, относится к междисциплинарному синтезу. Характеристика третьего направления особенно затруднительна. По крайней мере, мы можем установить, что здесь налицо процессы синтеза, охватывающие не две, а три науки.

Дальнейшее исследование проблемы синтеза необходимо вести по пути детализации структуры науки, складывающейся в исторически развивающихся процессах поз-

нания. Для этого необходимо уточнить дифференциацию наук.

Попытки построить классификацию наук известны давно, но в большинстве их неявно предполагается, что существует некий единый принцип, как бы общий параметр, принимающий для каждой из наук определенное значение. Поэтому подавляющее большинство классификаций имеет линейный характер. Таким параметром чаще всего избирают сложность объекта или предмета науки. Критический разбор подобных построений проведен в обстоятельной монографии Б. М. Кедрова [109].

Известные примеры нелинейной классификации, как правило, являются обобщением одномерного параметра на несколько независимых признаков, причем значения каждого из параметров упорядочиваются линейно, и их комбинации обозначают ту или иную науку.

Между тем история показывает, что система наук проходила различные этапы развития, и каждый из этапов отражался на дифференциации наук.

По-видимому, на первой стадии границы раздела наук пролегли между различными формами человеческой деятельности, отражающими непосредственные практические навыки и умения. В эту эпоху закладывались основы ремесла, земледелия, животноводства, медицины. По существу мы здесь сталкиваемся с донаучной, эмбриональной фазой развития науки. В то время сформировался слой знания, в котором до настоящего времени располагаются прикладные науки, но, конечно, в преобразованном виде, претерпевшем влияние последующих эпох.

На втором этапе совершенствование представлений о мире (развитие форм деятельности, языка) привело к расчленению первичной мифической целостности на инвариантные объекты. Конечно, это представление складывалось постепенно, оно зарождалось в системе мифического мышления и первоначально принимало форму выделения персонифицированных божеств и распределения ролей между ними. Со временем боги переводились на положение соучастников (наряду с людьми) управления природными процессами, намечалась объективация природы. Познаваемые в практической деятельности ограничения действия богов и людей преобразовывались в представления о «законах объектов», и тем самым закладывались основы наук в привычном смысле слова.

Появились науки о земле, небе, человеке. Астрономия,

геология, гидрология, ботаника, зоология, антропология — науки, определяемые пообъектно. Среди объектов реальности в то время была и душа (психе), которой ведала психология.

Наряду с дифференциацией все науки сохраняли единство в рамках метафизической философии. Непрерывно протекающие на уровне философии процессы синтеза наук позволили на третьем этапе генерализовать знания в форме всепроникающих «законов природы», что привело к появлению теоретических наук нового типа, не зависящих от объекта, определяемых своим предметом, способом рассмотрения объектов. Так появились физика, химия, биология, физиология.

Если раньше объекты различных наук однозначно определялись своим пространственным бытием, то на третьем этапе сохранилось только разделение на три сферы: естественные, технические и общественные науки.

Будучи предметом описания многих наук, каждый объект как бы размножился в разных проекциях. Науки, сформировавшиеся ранее, стали синтетическими, экспериментально-теоретическими; менее других влиянию синтеза подверглась психология, поскольку со времени античности сохранялось убеждение в специфичности психологического «объекта» — души.

В направлении «предметизации» науки развивались вплоть до середины XIX в., когда зародился четвертый этап развития наук, вернувший нас к социальной деятельности, однако уже не в сугубо практическом аспекте, как на первом этапе, но через понимание целостности объекта и субъекта, включенности процесса познания в общий процесс развития человеческого общества, что в конечном счете привело к системному представлению о науках.

Даже этот предельно сжатый историко-генетический анализ позволяет установить, что все современные науки суть многосложные синтетические образования: возникнув на определенном этапе, наука сохраняла в себе последующие новообразования (если при этом не растворялась в других). Отсюда следует, что разделять проблемы дифференциации и синтеза наук недопустимо. Знание структуры науки позволяет нам уточнить процессы синтеза в зависимости от того, в каком слое науки они протекают — в объектном, предметном или системном.

Коль скоро наука — структурно-сложное образование,

рассмотрение ее в качестве аморфной целостности рано или поздно становится бесперспективным.

Исходным пунктом структурного анализа процессов синтеза является представление о науке как совокупности объекта, предмета и исследователя.

Понятие предмета включает две стороны: потенциальную и актуальную, которые не всегда различаются. Обычно в понятии предмета объединяется совокупность черт, признаков, характеристик объекта, выделяемых средствами объектной науки. Фактически при этом объединяются две стороны. Во-первых, предмет — это способ видения объекта, включающий и средства оперирования с объектом, и концептуальные схемы, т. е. предмет берется как потенциальная возможность в отношении всех объектов. Во-вторых, выделяется предметное содержание науки как актуализация предмета. Это различение потенциального и актуального в предмете необходимо при изучении процессов синтеза, поскольку разные актуальные ограничения на множестве объектов науки при общем потенциальном предмете могут дать различающиеся предметные содержания и, следовательно, различные науки.

Простейшие процессы синтеза осуществляются на уровне объектов. Так возникла, например, космическая геология — наука о структуре планет солнечной системы, вобравшая в себя объекты астрономии, космологии и геологии. Характерно, что в процессах синтеза на уровне объекта каждая из наук сохраняет часть своих задач, проблем, методов. Соответственно результаты, полученные, например, в космической геологии, могут быть отнесены к любой из родоначальных наук. В силу этого обстоятельства процессы синтеза на уровне объекта составляют единственный класс процессов, в отношении которых в полной мере применимы понятия пересечения, дополнения и т. п.

Определенные процессы синтеза осуществляются и на уровне предметов наук, в результате которых создаются современные технические науки. К этому классу взаимодействий следует отнести заимствования методик, аппаратуры или других средств оперирования с объектом, определяющих предмет науки; таковы радиобиология, ядерная спектроскопия, хроматография. Однако основным процессом синтеза на уровне предмета науки следует считать рассмотренный М. В. Мостепаненко «перенос теорий» [160, с. 11].

Особый процесс взаимодействия наук складывается при участии и объекта, и предмета. Б. М. Кедров называет образующиеся при этом науки «переходными». Примерами подобного синтеза могут служить физическая химия или химическая физика. Детализация структуры науки позволяет развернуть переходные науки во времени и показать их особое бытие: они воплощают движение между предметами двух (или нескольких) наук, опосредованное объектом, и выполняют функцию согласования и соотнесения предметов — такова их специфическая роль.

Рассмотрим физическую химию. Решение химических задач о превращении веществ дополняется физическим описанием, в котором прослеживаются физические процессы, сопровождающие химические реакции. Например, при описании реакций в электролите приходится иногда учитывать силы притяжения и отталкивания между зарядами, накапливающимися на электродах и в растворе, и таким образом объяснять химические феномены.

Процессы научного синтеза в их общем виде весьма сложны и многообразны. Практически нельзя назвать единого механизма взаимодействия двух наук, тем более, что зачастую отношения между ними опосредуются третьими науками. Далее, в ходе исторического развития синтезируются и сами механизмы. Примером может служить кибернетика, которая в некоторых существенных аспектах стала абстрактным отображением психологии, после того как вобрала в себя три основных направления формализации психологического знания: собственно психологическое, физиологическое и логическое. Без учета множественности форм взаимодействия наук, в частности психологии и математики, невозможен методологический анализ математической психологии.

Длительность становления психологии как науки о душевном мире человека, сочетание в ней трех слоев, относящихся к разным этапам исторического процесса развития культуры, затрудняют определение психологии как науки и усложняют изучение проблемы взаимодействия ее с другими науками.

Соответственно первому этапу исторического развития психология выделяет во внешнем мире свой особый объект — человека, который противостоит всем остальным объектам материального мира, но одновременно сам является материальным объектом. Особое отношение объекта психологического исследования (человек в мире)

к субъекту исследования (человек-исследователь) переводит психологию в разряд наук гуманитарных со всеми вытекающими отсюда социально-политическими и морально-этическими последствиями.

Специфика объекта приносит в психологию понятие сопричастности, поскольку деятелем науки является человек и для него акт исследования есть акт самопознания. Более того, процесс получения, усвоения и использования знаний — социальный процесс по отношению к объекту.

Уникальность объекта психологического исследования приводит к двойственности предмета, который имеет свою естественнонаучную сторону, позволяющую идентифицировать и преобразовывать объект, и гуманитарную сторону, поскольку психологию интересует в человеке активное, деятельное отношение к реальности. Таким образом, психология изучает активное отражение человеком действительности в социально-историческом процессе, что включает регулятивный, когнитивный и коммуникативный аспекты [144]. Сюда можно добавить и мотивационный аспект.

Психическое как отражение определял еще Г. Спенсер: «Отличие психологии от тех наук, на которых она основывается (морфология и физиология.— *Г. Ж.*), в том, что в каждом из своих предложений она берет в расчет в одно и то же время и связанные между собой внутренние явления, и связанные между собой внешние явления, к которым они относятся» [209, с. 85]. В отличие от естественных наук предмет психологии «не есть отношение между внутренними явлениями, не есть также соотношение между внешними явлениями, но есть отношение между этими двумя отношениями» [209, с. 312—313].

Определение психического, данное Г. Спенсером, неполно в том смысле, что оно отрывает отражение от активности субъекта. Сформулированный им признак необходим, но не достаточен для определения предмета психологии.

Различение предмета психологии и предметов естественных наук (физики в широком смысле слова) можно, следуя Г. Спенсеру, представить графически (рис. 1).

На рис. 1 показано, что объект (внешний мир) отражается в сознании исследователя. Это отражение, которое мы условно нарисовали в форме замкнутой области, включает в себя бытовые сведения, результаты практического

опыта и данные естественных наук. Предметом исследования психологии служит не содержание отражения, а отношение объекта и субъекта (это отношение изображено фигурной скобкой). Поскольку психология также отражает реальность, она соотносится с сознанием исследователя.

Попытки изобразить различие предметов естественных наук и психологии (явно или мысленно) наталкиваются на одну принципиальную ошибку, которую содержит и

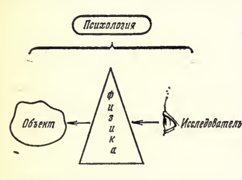


Рис. 1. Морфологическое различение предметов психологии и физики

приведенный выше рисунок: перенесение предметного различения на объективный мир, присвоение физике области внешних явлений, а психологии — внутренних. Многие исследования процессов экстериоризации и интериоризации потенциально содержат ту же самую ошибку, если буквально следовать тому, что говорится, и отбросить то, что подразумевается. Действительно, признание в качестве противостоящих областей «внешнего» и «внутреннего» ведет к бесконечным парадоксам, когда исследователь в качестве объекта изучения выбирает самого себя. Такую же ошибку содержит и определение Г. Спенсера, хотя он и относит «внутреннее» к физиологии. В конечном счете чем отличается рецепция, т. е. сигнализация о внешнем мире, от проприоцепции, от сведений о состоянии мышц?

Как на нашем рисунке, так и в разграничении внешнего (экстериоризованного) и внутреннего (интериоризованного) порой как бы «склеиваются» два изображения — материального и идеального. Отражение как идеальная сторона человеческой активности есть прежде всего продукт взаимодействия двух объектов: оба компонента процесса отражения (объект и исследователь) могут быть рассматриваемы как объекты, но из всего неисчерпаемого

богатства объектных отношений выделяется именно включенность в отражение.

Оправдание разграничения «внешнего» и «внутреннего» не может быть найдено в рамках определения предмета психологии. Оно коренится в объектной, естественнонаучной ее стороне, и это обстоятельство, как правило, не учитывается.

Психологию интересуют как бы реальность идеального, его конкретность и бытие. Однако не следует забывать, что всегда есть некоторая потенция знания (единство многообразия возможностей) и его реализация, в частности в человеке, в жизненном процессе. Порой именно это обстоятельство берется за основу разделения психологии и кибернетики, мышления и логики. Однако здесь заложено основание для единства, а не для разграничения, ведь различий здесь не более, чем между общим решением уравнения и конкретным числовым примером.

Признание в качестве предмета психологии активного отражения не исключает объективность психологии и не отделяет ее от естественных наук. Психология все шире использует методы физики: для выявления отражения одного объекта в другом могут быть изучены физические процессы, протекающие в каждом из них, —в ходе взаимодействия, прослежена их соотнесенность, т. е. в конечном счете исследовано отражение. Эту сложную процедуру выполняет переходная наука — физиология, через посредство которой психология переводится в категорию наук естественных.

Непосредственно естественнонаучная сторона психологии проявляется тогда, когда человек становится объектом деятельности, например, в прикладной психологии, инженерной, педагогической, детской.

Уникальность объекта и двойственность предмета психологии порождают специфику используемых в ней средств, которые одновременно содержат признаки научности и художественности.

Прежде всего в психологии особое значение приобретает соотнесенность внутренних миров исследователя и испытуемого, поскольку познание как выяснение состояния объекта здесь может происходить и ненаучным путем: в противоположность физическому исследованию сопереживание испытуемого (объекта) и экспериментатора (исследователя) приобретает большое значение, а в некоторых психологических системах — решающее.

Далее. Человек как объект изучения всем ходом психологического эксперимента активно включается в процесс исследования, что, в частности, относится к особенностям применения математических методов. В ходе развития психологии как науки четко разделились два принципиально различных подхода. Первый характеризуется использованием объективных показателей, таких, как точность воспроизведения или время реагирования, которые могут быть определены с помощью физических приборов. При втором подходе в качестве измерительного средства выступает сам испытуемый. Благодаря интроспекции открывается мир внутренних переживаний, который не менее реален, чем мир внешних событий. В случае сигналов от внешних и внутренних органов чувств (рецепция и проприоцепция) общность внешнего и внутреннего особенно заметна.

Метод интроспекции применяется по существу во всех психологических исследованиях: когда испытуемого просят выполнять определенную задачу, то он как бы перекладывает на себя часть функций экспериментатора, сознательно контролируя выполнение инструкции.

Любое произведение искусства обращается к сопереживанию слушателя, читателя, зрителя. В этом сходство психологии и искусства.

Каждое произведение искусства, отражая субъективный опыт автора, по своей обращенности к человеку является произведением психологическим. Здесь нет ограничений ни для жанров, ни для форм, ни для стилей искусства.

Итак, психология как наука представляет собой структурно-сложное образование, и ее взаимодействие с другими науками происходит по разным направлениям, по множеству аспектов и сторон. Взаимодействие психологии с математикой осложняется еще более тем фактом, что сама математика занимает исключительное положение в системе наук.

Особенности процесса математизации наук. Как известно, математика не обращается непосредственно к объекту,— и в этом ее коренное отличие от других наук: математические структуры опосредуются в своей связи с реальностью предметами остальных наук.

Формализованная система получает в математике до некоторой степени независимое от породившей ее реальности существование. Причем абсолютизация этой незави-

симости ведет к непониманию и ошибочному истолкованию причин эффективности математических методов, что нашло отражение в работах многих исследователей науки, в частности у Е. Вигнера [39].

Эти причины убедительно вскрывает Б. В. Гнеденко [65; 66]. Прослеживая историю математических идей, понятий, аксиоматических систем на разных этапах развития самой абстрактной из наук, он показывает их глубокую связь с задачами деятельного познания: «Каждое математическое понятие возникает или в результате абстрагирования от свойств предметов, реально существующих в природе, абстрагирования от отношений между ними, или же является абстракцией, базирующейся на ранее существовавших абстракциях. Эти первичные абстракции были связаны с предметами реального мира. Возможность применения математических понятий и теорий к реальным явлениям объясняется только тем, что сами эти теории возникли из изучения явлений реального мира и их развитие постоянно корректируется требованиями науки, в том числе тем соответствием, которое наблюдается между выводами теории и фактическим положением дел» [65, с. 145]. Поэтому «мистическая эффективность» математики — продукт неправильного истолкования сложного процесса ее развития.

Б. В. Гнеденко так описывает причины ошибочного представления об отношении математики к реальности: «Влияние общественной практики на появление новых идей в математике настолько многообразно, что порой это влияние остается незамеченным и создается впечатление, что исследователь сам, без каких-либо воздействий извне, выдвинул новую проблематику. Этому в большой мере содействует и принятая форма изложения результатов, когда читатель получает лишь логически безупречное изложение, но не видит тех исходных позиций, которые привели к выбору тематики и пути исследования» [65, с. 156].

Разрабатывая проблему связи математики с действительностью, Б. В. Гнеденко привел ряд примеров процесса математизации, связь которых с объектными науками прослеживается достаточно отчетливо. Однако он только упомянул о «расширении поля действия математических методов», не исследовав детально этот особый случай математизации науки, когда математическая структура приходит в объектную науку как бы извне, по линии про-

стейшего синтеза, пересечения математики и объектной науки. Однако здесь за кажущейся идентичностью процессов междисциплинарного синтеза и процесса синтеза, включающего в качестве одного из компонентов математику, кроется глубокое различие.

Математическая конструкция, став как бы чистой формой, неявно, в абстракции содержит структуру предмета той науки, которой она порождена. Следовательно, основанием процессов математизации в этом частном случае могут служить, например, явления переноса, о которых писал М. В. Мостепаненко.

Основу общности и кажущейся мистической универсальности математических методов составляет прежде всего единство материального мира, а также процесс вычленения из сложного предмета частных аспектов.

Отношения математики к предметам объектных наук могут быть представлены в трех формах: 1) математическая теория отражает основные свойства объекта описания (например, физические объекты и система теоретической механики); 2) математика редуцирует предмет некоторой науки и представляет ее содержание в теориях другой науки (например: человеческая психика как механическая система); наконец, 3) математическая теория выделяет частные аспекты предметного содержания науки, абстрагируясь от деталей (пример: человек как элемент системы массового обслуживания).

Математизация — характерная особенность развития науки на современном, системном этапе. Процессы синтеза с участием математики приобретают новое системное качество. Носителем такого качества оказывается модель как результат нескольких процессов переноса теорий, взаимопроникновения предметов и предметного содержания многих научных дисциплин. По этой причине модель зачастую выступает как средство накопления, систематизации и свертывания научных знаний [83].

С позиций моделирования математизация рассматривается как процесс построения и использования математических моделей.

Проблема моделирования чаще всего изучается в аспекте отношения модели к действительности. В этом случае говорят об изоморфизме модели и объекта, функциональном соответствии и т. п. Наряду с этим иногда классифицируется употребление модели в деятельности исследователя, и тогда дифференцируются объектный, кон-

цептуальный и продуктивный уровни моделирования.

В аспекте отношения к действительности математические модели находятся в трех указанных выше ситуациях: полного, частного и абстрактного соответствий. Наряду с этим в силу присутствия объекта в моделировании может быть поставлен вопрос о морфологической соотнесенности модели и объекта. С другой стороны, важным показателем процесса моделирования является функционально-структурная соотнесенность.

В классах частных и абстрактных моделей (вторая и третья ситуации) может быть введено разграничение по признаку поведения. Поведенческими называют модели, обеспечивающие соответствие входных воздействий и ответных реакций. Такого рода модели получаются в результате применения принципа «черного ящика». К числу поведенческих моделей могут быть отнесены схемы бихевиоризма. Очевидно, признак «поведенческий-неповеденческий» не затрагивает степени полноты и уровня абстрактности модели.

Как отмечалось, по сравнению с процессом математической обработки процесс моделирования отличается многоплановостью, системностью, поэтому в нем возможно не только отчуждение деталей, абстрагирование признаков, но и включение, вживление недостающих моментов. Иными словами, процесс математического моделирования может сопровождаться процессами синтеза объектных наук.

В аспекте отношения модели к деятельности исследователя и пользователя мы можем отметить прежде всего различение позиций: 1) употребление модели как способа видения, как предмета объекта, порождающего установку деятельности с объектом; 2) рефлексивное осознание модели и объекта (методологическая позиция); 3) употребление модели для получения частного или полного продукта, т. е. замещение той деятельности, в которую первоначально был включен объект моделирования.

При употреблении модели в рефлексивной позиции возможно различение моделей по признаку объектности. Объектной моделью может служить объект, сохраняющий свойства первичного объекта. Продуктивность является важной характеристикой модели. Математическая модель в психологии может давать продукт, неотличимый от продукта моделируемой психической деятельности.

Продуктивными оказываются многие модели принятия решений, памяти, статистического вывода. В естественных науках продуктивными являются только объектные модели. Так, например, простая химическая реакция выполняет функцию модели для химика, изучающего ту же реакцию в более сложных условиях (например, при переходе от мономеров к полимерам).

Применение математических схем и теорий в психологии имеет ряд особенностей, которые исследованы еще не в полной мере. Иногда процесс математизации в психологии подчиняется методологическим принципам естественных наук, а особенности собственно психологического предмета учитываются посредством небольшой корректировки известных схем.

Употребление математических моделей в естественных науках основывается на предположении изначальной тождественности объектов, подлежащих моделированию. Кроме того, допускается, что в процессе моделирования обеспечивается последовательное приближение к действительным свойствам объектов.

Следование этим принципам приводит к довольно простому способу отображения в моделях предметной специфики психологии, который состоит в ограничении диапазона возможных психологических характеристик человека. Измерения скорости реагирования, порогов различения, объема памяти получают в психологии средние значения и известный разброс, подобно измерениям физических постоянных. Для психологических параметров можно даже ввести нечто вроде стандарта, набора требований, которым должен удовлетворять человек, выполняющий некоторую деятельность. Это сходство с требованиями, предъявляемыми к детали технического устройства, проистекает именно из-за объектной данности человека, есть следствие реальности человеческого бытия.

Более того, когда выясняются черты характера, типы темперамента, виды эмоций и другие личностные особенности человека, в предмет психологии незаметно просачивается влияние ее объекта. Ведь легко представить деятельные системы (абстрактные или реализованные «в металле»), в которых встречаются иная типология темпераментов, большее число эмоций, иные черты характера. Здесь методология естественных наук еще сохраняется в полном объеме.

Несколько более тонкие проявления естественнонауч-

ного подхода в математической психологии связаны с задачами исследования и проектирования технических систем. В этих случаях на активность человека в моделируемой ситуации накладываются математическая схема, теоретическая конструкция, разработанная модель. Затем параметрам конструкции приписывается эпитет «субъективный», «психологический» и т. п., тогда как способы выявления идентифицируемых компонентов, присвоения им численных значений и интерпретации остаются вне рамок используемой конструкции и в целом входят в прерогативу психологии. Подобный способ применения математических схем часто реализуется, например, при исследовании процессов прогнозирования и принятия решений.

Однако на этом влияние модели не заканчивается, что особенно четко проявляется в инженерном использовании математической психологии: человеку как элементу технической системы присваивается (навязывается проектом производственного процесса) определенная схема функционирования, отработанная в аналогичной системе или на стадии модельного исследования (например, слежение за движущейся отметкой на экране осциллографа, контроль состава реагирующей смеси и т. п.), и эта схема становится объектом математического описания. В результате человек уподобляет себя машине и, коль скоро эта машина представлена в математической форме, между параметрами математической модели и поведением человека удается установить некоторое сходство.

Мы намеренно придаем здесь процессу математизации несколько гротескную форму, чтобы подчеркнуть его трудности и противоречия. Трудности обусловлены тем, что не всегда удается выделить в поведении человека собственно человеческое, а противоречивость в том, что математизации подвергается схема, созданная, казалось бы, за пределами психологии, усвоенная человеком и как бы открываемая вновь на новом объектном материале. В этом одно из коренных отличий бытия научных теорий в психологии от применения теоретических схем в естественных науках.

Чем же является математическая психология? Не сводится ли она к описанию машин, которые человек в силу своих уникальных приспособительных возможностей способен конструировать в себе самом? Ведь и вычислительную машину, обладающую огромными логическими возможнос-

тями, большим объемом памяти и колоссальным быстродействием, можно превратить в арифмометр — заставить складывать и вычитать. Не занимаемся ли мы самообманом, когда соответствующим образом запрограммированную ЭВМ называем арифмометром (разве он когда-нибудь расшифрует древний текст?!) и нечто, относящееся к человеку, специфически настроенному, называем математической психологией?

Ответить на этот вопрос с позиции здравого смысла нельзя. Нам не приходилось сталкиваться с его обсуждением именно в такой формулировке, но, вероятно, опасность подобной подмены объектов исследования заставляет психологов глубоко сомневаться в возможности передать математическими средствами психологическое знание.

Однако ссылки на машинность математического описания не столь опасны, как представляется на первый взгляд. Они будут исследованы позднее, а сейчас обратим внимание на важнейшие отличия методологии исследования психологического от физического.

В психологии человек-объект исследования включается в процесс исследования и сознательно изменяет свои характеристики согласно (или вопреки!) задачам процесса исследования. Осознанное, активное отношение человека к процессу, в котором он подвергается исследованию, порождает ряд специфических особенностей получаемых в исследовании результатов. Эти особенности сохраняются и для тех случаев, когда используются математические методы или строятся математические модели.

В развитии математической психологии наступил этап, когда стала актуальной задача представления математическими средствами предмета психологической науки и ее содержания. Сразу же отметим, что в настоящее время отсутствуют математические системы, в полной мере решающие эту задачу. Понимая предмет психологии как активное отражение в процессе деятельности, мы расчленяем задачу на три подзадачи. Первоначально нас будет интересовать отражение как таковое, затем активное отражение и, наконец, отражение в активности человека.

Отражение как естественнонаучный процесс — это изучение объекта и субъекта средствами физики, но не простое изучение, а во взаимной соотнесенности объекта и субъекта. В этом случае отражение порой понимается как отображение. Гуманитарная, социальная сторона предмета психологии в меньшей степени поддается мате-

матизации. Известные теории психических измерений затрагивают только частные аспекты. Существенные трудности связаны с плохой определенностью — «недизъюнктивностью» многих психологических понятий, что справедливо подчеркивает А. В. Брушлинский [26].

Активность отражения предусматривает воздействие на внешний мир. Любая человеческая активность прямо или косвенно направлена вовне, и поэтому отражение сводится к созданию идеальных процессов, способных направить активность к достижению цели. Но это относится также и к предмету кибернетики, точнее, теории управления, теории автоматов и т. п. Содержание активности человека составляют те же идеальные процессы управления, но реализованные человеческим организмом.

Наконец, активное отражение включается в системы социальной и индивидуальной активности человека, когда возникают мотивы, цели, учитываются моральные нормы и т. д.

При построении математических моделей психических явлений возникает проблема множественности. Внешне это выражается в том, что по поводу одного акта поведения или психического явления можно построить большое число моделей, отличающихся либо значениями параметров, либо общей структурой.

Кроме того, следует указать на неопределенность и относительность математического описания, его зависимость от исследовательской позиции, относительно которой строится описание.

Отмеченные проблемы, разумеется, тесно взаимосвязаны. В целом проблема множественности порождается двумя группами факторов. К первой относится многоаспектность бытия человека. Ко второй — изменчивость человеческой психики, обусловленная адаптивностью человека, активностью его сознания.

Проблема неопределенности порождается различием сознаний человека-объекта исследования и человека-исследователя.

Множественность, относительность, изменчивость — эти характеристики математического описания психики имеют некоторые аналоги в описании физических объектов. Действительно, существует многообразие представлений объекта в разных системах координат, каждое описание строится относительно выбранного аспекта изучения, всегда наблюдаются изменения во времени свойств любого

объекта материального мира. Но в случае человека эти особенности приобретают новые системные качества, обусловливаемые сознанием человека и его общественным бытием.

Множественность уровней бытия человека отражается в множественности математического описания психики. Среди уровней бытия можно выделить следующие: 1) физический, когда человек рассматривается как природное тело; для математической психологии это означает, что мы должны учитывать материальный субстрат психического и при моделировании процессов восприятия, и при описании социально-психологических аспектов отношений в коллективе; 2) далее, человек — биологический организм, и его описание может включать биофизические, биохимические и другие подобные процессы; 3) уровень физиологический, здесь легко прослеживается непосредственная связь психических и физических процессов. (Выше мы ограничили понимание физиологии как переходной науки, исследующей реализацию психического на физическом. Такое истолкование предмета физиологии исключает возможность поставить ее в один ряд с психологией. Поэтому так называемые физиологические процессы — это в большинстве случаев простейшие психические процессы); 4) уровень обычных психических процессов; наконец, 5) уровень социальных процессов.

Описание на каждом уровне может быть дано в рамках любой из упоминавшихся выше математических схем, в том числе и на языке теорий информации, управления, игр.

Так, на биологическом уровне могут быть выделены перенос информации рибонуклеотидами или информационные связи в экологическом процессе. Здесь же легко выделяются процессы управления или игровые отношения.

Отметим, что фиксация того или иного уровня не затрагивает пространственно-временного масштаба описания: клетки, организмы или сообщества. Например, выделение социального уровня определяется его организацией, но не физическими размерами коллектива. Поэтому вопрос о том, к какому уровню следует отнести информационные процессы, наблюдаемые среди совокупности особей, может решаться только после их сопоставления со всей системой.

Возвращаясь к проблеме описания психических процессов, следует сказать, что изменчивость психических

механизмов, влияние сознания на их протекание проявляются в самых разных формах. Например, неоднократно подчеркивалось, что человек-оператор меняет алфавит сигналов в процессе управления технической системой [91; 138—140]. Теоретико-игровое описание ситуации взаимодействия партнеров непрерывно меняется по мере развертывания игровых отношений: меняются матрица игры, правила, платежи и т. п. [87; 90].

Напомним, что представления о множественности информационного описания возникли в инженерной психологии при попытке определить алфавит символов, используемых человеком-оператором [139]. Оказывается, что необученный оператор не способен увидеть предъявляемые знаки, он улавливает лишь отдельные их элементы, тогда как опытный оператор вырабатывает свой собственный обобщенный алфавит, объединяя предъявляемые знаки в сложные символы-слова.

Проблема множественности возникает также в рамках теоретико-игрового описания общения людей [87]. По сравнению с теорией информации проблема множественности в случае теории игр оказывается более сложной. В теории информации мы имеем дело с объектами одной природы: буквами, словами, предложениями, которые могут при различных способах выбора алфавита выступать либо как составные, либо как простые элементы. В теоретико-игровой схеме мы встречаемся уже с элементами, различающимися функционально: игроки, ходы, платежи. Эти элементы могут объединяться внутри одной функциональной группы и в целом. Характер объединения при этом может быть весьма различен. В частности, по этой причине ни одна реальная игра не имеет фиксированного состава участников: в семейном конфликте неявно присутствуют общественные организации и социально-правовые институты, в решениях иного руководителя производства сказываются рекомендации, полученные в сфере досуга, и т. д. Даже в том случае, когда игра конструируется, например, в целях эксперимента, на действия играющих оказывают влияние экспериментатор, друзья, социальные требования.

Участие сознания как наиболее существенной особенности человеческой деятельности приводит к рефлексивной форме множественности, которая затрагивает процессы осознания субъектом деятельности самого себя и партнеров. Осознание деятельности, а также каждого из со-

ставляющих ее процессов оказывает существенное влияние на ее протекание. Поэтому структура рефлексивных процессов необходимо входит в описание человеческой деятельности. В силу активности сознания субъект в любой момент способен перейти на новый, более высокий уровень осознания и тем самым произвольно нарушить первоначальное описание.

Поскольку любое описание деятельности включает описание представлений субъекта о деятельности и целях и др., то одним из источников множественности становится принятый субъектом способ упрощения, свертывания используемой им схемы описания деятельности.

Любая деятельность включает момент социального нормирования и регламентации. Тем самым на неопределенную «естественную» систему множества описаний накладывается светлое пятно социально осознанного видения. Отметим в этой связи один оставшийся без внимания момент. Обычно сознательное, подсознательное и вытесненное в психоанализе рассматривают как особые пространственные сферы, подобные массивам памяти электронно-счетной машины. Однако по смыслу сказанного выше о множественности описаний следует, что осознанное и неосознанное представляют собой скорее подсистемы описаний, актуальную и потенциальную, тогда как вытесненное образует отвергнутую актуальную подсистему.

Дополнительным источником множественности описания является расхождение между проектом деятельности и его воплощением в конкретном социальном материале [264].

При описании активности человека, который есть одновременно и объект и субъект исследования, включается активное отношение исследуемого человека к процессу исследования. Каждая из комбинаций элементов описания получает смысл и значение, усваиваемые субъектом, в зависимости от принадлежности к элементам более высокого уровня описания и, в частности, от их представленности в сознании.

Различие сознаний человека-исследователя и человека-исследуемого ведет, например, к тому, что проектировщик технической системы не знает, каким алфавитом будет пользоваться человек-оператор. Та же причина приводит к тому, что в игровой ситуации нет единственно истинного описания, а есть система различных представлений партнеров о конфликте, и истина кроется в единстве различий.

В свете тех трудностей, которые появляются при попытке точной идентификации математических моделей в психологии, порой кажутся излишними многочисленные аспекты множественности и относительности, неразличимые ни в одной экспериментальной методике. Множественность теоретического описания возникла как следствие отказа от естественнонаучной методологии и признания активности сознания изучаемого человека. Процедура идентификации, т. е. выявления структурных и количественных значений параметров математической модели, неразрывно связана с использованием специфики предмета исследования, что снимает, в частности, значительную долю неопределенности описания сознательной работой самого испытуемого.

Исследуемый и исследователь действуют в общем предметном мире, подчиняются единым нормам деятельности и общения. Коль скоро включается сознательная регуляция активности, в схеме множественного описания появляется как бы точка отсчета и снимается относительность описания. Реализация схемы описания в сознательной активности придает параметрам схемы точность и однозначность, свойственные всякому искусственному творению.

Влияние социальной нормы на уточнение теоретической модели легко наблюдать, когда мы обращаемся, например, к военным играм. Первые попытки схематизировать боевые действия в понятиях теории игр сопровождались многочисленными оговорками и замечаниями о приближенности, неточности, условности и т. п. Сейчас теория игр стала обязательным средством работы каждого военного стратега, и когда штабные офицеры прогнозируют действия вражеских армий, они имеют больше шансов на точность, поскольку противник применяет такую же схематизацию. Перечень аналогичных примеров легко продолжить. Так, теория З. Фрейда стала моделью поведения в буржуазном обществе.

Кроме того, нельзя забывать об интроспекции, которая не может считаться решающим фактором при числовой оценке параметров, но исполняет существенную роль в структурном анализе. Нельзя также не учитывать и взаимопонимания исследователя и объекта. В настоящее время еще не созданы статистические методы, позволяющие учесть социальный и научный опыт экспериментатора, интуитивное подключение фактов обыденной жизни

к наблюдаемым явлениям и к интерпретации полученных результатов. Между тем эта неявная мыслительная работа каждого исследователя, подкрепленная экспертизой коллег, реализует сложные механизмы качественной оценки математических моделей. Задача математики — создать на этой основе новые методы описания.

Однако неопределенность остается, хотя и ограничивается пространством исходной теоретической схемы. Остаточная многозначность решения идентификационной проблемы в конечном счете приводит к тому, что каждый субъект решает ее для себя в соответствии с собственной активной деятельностью, решает индивидуально, субъективно и неповторимо.

Если в физическом мире множественность описаний снимается единственностью бытия объекта, то в мире психического, в мире идеального отражения множественность описаний порождается самой деятельностью, является в некотором смысле ее питательной средой, даже составляет порой ее предмет.

Нельзя обойти вниманием и *связь математической психологии с художественной стороной психологии*, которая составляет неотъемлемую часть ее предмета и выполняет существенную роль в интерпретации психологических описаний.

Казалось бы, художественная сторона психологии будет невозвратимо потеряна при переходе к формализованным описаниям. У нас еще слишком мало опыта, чтобы с уверенностью говорить об этом. Возможно, драматические коллизии, будучи выражены языком математики, утратят свою напряженность... Возможно... Но разве не интересно наблюдать, пусть даже на листке бумаги, за приключениями маленького человечка — даже не робота, а всего лишь математической модели — Алдуса, которого придумал американский ученый Лёлин [298]. Можно рассказывать об этой модели подробно, но разве названия: Алдус — резонер, Алдус — нахал, Алдус — святой не говорят сами за себя? При этом каждое название — не просто бирка для привлечения внимания, но имеет точную математическую интерпретацию, скорее даже верно обратное: название вытекает непосредственно из математического описания и выявленных свойств поведения модели. Данный пример позволяет предположить, что язык математики, подобно естественному языку людей, будет

способен передать сложную гамму человеческих чувств и переживаний.

Психология и кибернетика. Ранее отмечалось, что значительная часть моделей математической психологии создается на основе теоретических схем кибернетики. Проследим подробнее взаимоотношения психологии и математики, опосредуемые кибернетикой.

Кибернетика совмещает в себе компоненты фундаментальной науки о процессах управления и прикладной дисциплины, связанной с изготовлением технических средств управления. Эта слитность двух различных по содержанию компонентов затрудняет правильное понимание кибернетики как науки. Как прикладная дисциплина она синтезирует в себе предметы и результаты исследований таких наук, как физика, химия, экономика, но главным образом базируется на теоретической кибернетике.

Теоретическая кибернетика как наука о процессах управления не интересуется физическим содержанием самих этих процессов (по крайней мере до стадии практического приложения) и потому не может быть отнесена к разряду естественных наук. В этом первое и основное сходство кибернетики и психологии.

Поскольку кибернетика изучает процессы управления, формы отражения внешних объектов и методы активного воздействия на них, предмет кибернетики как науки совпадает с предметом психологии (но не исчерпывает его!), поэтому теоретическая кибернетика может рассматриваться как раздел теоретической психологии.

Однако, сопоставляя содержание предмета теоретической кибернетики и теоретической психологии, необходимо отметить несравненно более высокую сложность и многообразие содержания психологии. Современная кибернетика в своих теориях отразила лишь наиболее простые формы и механизмы регуляции.

Очевидная простота кибернетических моделей по сравнению с психологическими системами становится для всех методологов перцептивным барьером к обнаружению общности предметов двух наук.

Основные аспекты предмета психологии — регулятивный, когнитивно-коммуникативный и мотивационный — представлены в кибернетике тремя математическими теориями: теорией управления, теорией информации и теорией игр. Каждая из них лишь частично представляет эти три аспекта, однако в совокупности они образуют

тот фундамент, на котором возможно построение математической теории психологии.

В силу очевидной нерасчлененности отдельных аспектов активности каждая из трех указанных теорий требует дополнительного замыкания до целостного акта. В теории информации, как только она пытается выйти за пределы системы связи, появляется некий получатель информации, который что-то будет делать на основе полученных сообщений и тем придаст им смысл и ценность [211]. В теории управляющих машин есть цель (она появляется вне теории), ради которой машина создавалась, и ценности (критерии, функционалы), которыми машина «руководствуется». Наряду с этим теория управления дополняется описанием информационных процессов. Наконец, теория игр включает информационные аспекты (в упрощенной форме), а в качестве «исполнительного механизма» используется игрок, поведение которого весьма примитивно [87].

Развитие этих теорий в плане обогащения психологическим содержанием, их системный синтез, находящийся еще в начальной стадии, являются важным этапом на пути создания математической теории психологии.

4. Математическая психология и проблема искусственного интеллекта

Отношения психологии, кибернетики и математики не ограничиваются только уровнем теоретических схем, но затрагивают реальную деятельность человека и процессы создания технических устройств. Диалектические связи в этой более широкой системе мы рассмотрим на примере отношений математической психологии и проблемы создания искусственного интеллекта.

Конструирование устройств, самостоятельно ориентирующихся и перемещающихся в сложных условиях, разработка вычислительных программ, оперирующих с текстами, осуществляющих формальные выводы и доказывающих теоремы, создание автономных систем, принимающих решения и выдвигающих прогнозы, получило обобщенное название «искусственный интеллект» и вызвало необходимость сопоставления с традиционными исследованиями естественного интеллекта.

Естественный интеллект является предметом изучения многих наук: философии, логики, гносеологии и психоло-

гии. Создание и исследование искусственного интеллекта есть несомненная прерогатива кибернетики. Соответственно задача соотнесения интеллекта естественного и искусственного имеет много аспектов. Философский аспект составляет основу всех остальных и дает ориентацию в построении системы отношений физического и психического, материального и идеального, а также позволяет включить задачу соотнесения в общий контекст человеческой деятельности. Гносеология как наука решает проблему выявления условия истинности мышления, норм перехода от единичного к особенному и всеобщему; гносеологический аспект задачи соотнесения затрагивает проверку накопленных знаний, хотя и не исчерпывает проблему истинности в целом. Логика исследует нормы мышления как таковые и потому индифферентна к материальному субстрату носителя мышления.

Психологию интересует реализация мышления в его естественной человеческой и социальной данности. Кибернетика как наука о процессах и устройствах управления ориентирована на создание соответствующей техники. Следовательно, задача сопоставления естественного и искусственного интеллекта относится прежде всего к проблеме отношений психологии и кибернетики. Высокий уровень формализации кибернетики, широкое использование математических методов в области искусственного интеллекта подводят нас вплотную к проблеме научного содержания математической психологии.

Весьма условно *типология отношений естественного и искусственного интеллекта* может быть исследована с помощью графа (рис. 2).

Верхний ряд образуют последовательные состояния изучения и развития естественного (natural — n) интеллекта: n_1, n_2,. . . В нижней части рис. 2 указаны состояния исследований и реализаций искусственного (artificial — a) интеллекта a_1, a_2, . . . Построенный граф является ориентированным; переходы между состояниями (дуги) соответствуют некоторым необратимым процессам.

Между двумя рядами событий $\{n_i\}$ и $\{a_i\}$ могут быть установлены различные отношения. Прежде всего граф, изображенный на рис. 2, можно интерпретировать в понятиях физического бытия. Тогда вершины n_i будут означать последовательность состояний материального носителя естественного интеллекта — человека (коллектива, общества), а вершины a_i — соответствующие состояния устрой-

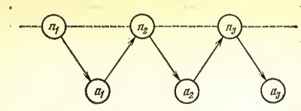


Рис. 2. Структура связей интеллекта естественного n_i и искусственного a_i

ства искусственного интеллекта как физического тела. При этом дуги будут обозначать процессы физического (в широком смысле) взаимодействия человека и машины.

Если процессам придать смысл деятельностного отношения, то тогда дуги $(n_i \to a_i)$ будут символизировать использование устройств искусственного интеллекта в качестве средств деятельности человека, между тем как дугами $(a_i \to n_{i+1})$ будет обозначено то, что естественный интеллект выступает как дополнение искусственного. Путь $(n_i \to a_i \to n_{i+1})$ (как и любой другой типа $((n \to \to a)^* \to n)$, где звездочкой $*$ отмечается произвольное многократное повторение выражения, заключенного в скобки) символизирует включение устройств искусственного интеллекта в систему человеческой деятельности. Другая совокупность путей $((a \to n)^* \to a)$ соответственно описывает использование человека в качестве звена технической системы.

Построенный граф можно спроектировать и на плоскость знаний. При этом вершины будут соответствовать уровню развития знаний, а любой путь $(n_i \to a_i)$ — символизировать тот факт, что искусственный интеллект рассматривается как естественный, т. е. в отношении $\{a_i\}$ применяются системы понятий и представлений, сложившиеся в изучении $\{n_i\}$, в частности понятия психологических теорий мышления. В той же плоскости знаний процесс $a_i \to n_{i+1}$ символизирует влияние результатов исследований искусственного интеллекта на познание естественного в том смысле, что в отношении $\{n_i\}$ применяются конструктивные схемы, развитые относительно $\{a_i\}$, т. е. интеллектуальная деятельность человека представляется как функционирование технического устройства.

Прослеживая более длинные пути в графе, легко получить аналогии другим типам отношений между двумя

системами знаний. Путь $n_i \to a_i \to n_{i+1}$ означает, что результаты, полученные при изучении n_i, проверяются на a_i и затем после уточнения применяются для описания n_{i+1}; это есть графическое представление использования искусственного интеллекта как модели. Путь $a_i \to \to n_{i+1} \to a_{i+1}$ описывает реализацию бионического принципа конструирования a_{i+1}. Если однозвенная связь символизировала ви́дение одной формы интеллекта в схемах другой, то двухзвенная обозначает использование промежуточной формы в качестве модели. Различие двух указанных типов связи основывается на отличиях двух исследовательских позиций: прямого наблюдения объекта и сопоставления пары объектов.

Граф, изображенный на рис. 2, можно дополнить указанием не только позиции исследования, но также состояний среды, в которой осуществляются процессы и где находится объект деятельности. На таком графе могли бы классифицироваться опосредствованные отношения n_i и a_i, деятельность в среде, содержащей a_i, и т. п.

Несмотря на всю условность и упрощенность графического представления соотнесенности естественного и искусственного интеллекта, мы получаем возможность наряду с дифференциацией типов отношений сделать некоторые содержательные выводы.

Во-первых, анализ соотнесенности не может ограничиваться конечной цепочкой связей, а должен охватывать целостный поток общечеловеческой деятельности, в которую устройства искусственного интеллекта входят неотъемлемыми компонентами. Во-вторых, проблема отношений $\{n_i\}$ и $\{a_i\}$ не возникла на пустом месте, а имеет давнюю традицию, которая в объектной плоскости входит в проблему «человек и среда», в деятельностной — в проблему «человек и машина», в плоскости знаний затрагивает проблему отношений предметов психологии и кибернетики. Наконец, ни один из типов отнесенности, представленных на рис. 2, не существует изолированно, так что изменения (или информация), затрагивающие один из них, касается остальных.

В связи с отмеченной многоаспектностью отношений естественного и искусственного интеллекта хотелось бы обратить внимание на некоторую противоречивость используемых терминов, что следует учитывать при построении математической психологии.

Когда различаются понятия «естественный» и «ис-

кусственный», то под первым понимается нечто, не зависящее от творческой деятельности человека, а под вторым — результат его деятельности. Прежде всего наблюдаемый естественный мир есть результат активного деятельного отношения человека, его преобразующего практического познания. Но, даже ограничившись узкими рамками продукта деятельности, мы не сможем отделить естественный интеллект от направленного воздействия, от сознательной конструктивной деятельности каждого человека, от процессов активного присвоения искусственных норм и правил мышления. Человек, предоставленный самому себе, отданный во власть естественных жизненных процессов, не способен мыслить. Отсюда следует непреложный вывод: интеллект человека не находится в природе, а создается искусственно.

Далее, так называемый искусственный интеллект в силу своей материальной отделенности от человека приобретает черты естественности, независимости, что проявляется в отклонениях функционирования любого устройства от проекта, в появлении нюансов поведения, которые не были предусмотрены заранее. Более того, естественность возникает как вторичное наслоение, поскольку в число функций интеллекта искусственного можно включить характерные черты, которые принимаются атрибутами естественного (например, простейшее самосознание, примитивное целеобразование). Конструктивная работа кибернетиков частично ориентирована на антропоморфизм.

В равной степени естественность естественного интеллекта может создаваться искусственно: человек при достижении поставленных целей способен отказаться от личных склонностей и построить поведение предельно «естественным» образом. Например, в игре он может реализовать равновероятный выбор, как бы подбрасывая монетку. Даже известный парадокс свободы воли (действует ли человек независимо от внешних причин?) легко разрешается в предположении сознательного полагания себя не зависящим от собственной истории (подбрасывающим монетку).

В конечном счете появляются сомнения в обоснованности употребления слова интеллект по отношению как к техническому устройству, так и к тем механизмам, которые конструируются в мышлении человека.

Отмеченные трудности в равной степени относятся ко всей математической психологии, где всегда существует

проблема принципиальной допустимости перевода психологического содержания на язык формальных выражений. Здесь вновь наблюдается связь между созданием искусственного интеллекта и математизацией психологии. С одной стороны, любая машина допускает математическое описание. С другой стороны, любое математическое описание (по крайней мере, в рамках конструктивной математики [1]) представимо в форме машины или машинной программы. Отсюда, казалось бы, следует вывод, что обе указанные проблемы тождественны, однако между ними есть и различие: математическое описание может затрагивать столь высокий уровень общности, который не позволяет непосредственно перейти к первичным операциям (например, комбинаторика процессов взаимного осознания в конфликте не дает описания поведения в конкретной ситуации).

Трудности соотнесения естественного и искусственного, психики и формального описания далеко не случайны, они связаны с диалектикой объектно-субъектных отношений в деятельности. Будучи элементами единой деятельной системы, человек и машина включаются в различные подсистемы. Каждый из типов отношений, рассмотренных выше (рис. 2), присутствует одновременно и наряду с прочими. Поэтому устройство искусственного интеллекта есть продолжение рук и психики человека. Кроме того, и в силу отмеченного искусственный интеллект, выполняя задачи естественного, может рассматриваться как интеллект, т. е. как сравнительно автономное психическое образование, но этот второй тип отношений неотделим от первого и соответственно употребление термина интеллект к определенному классу машин имеет смысл только в связи с общим контекстом человеческой деятельности.

Связь естественного и искусственного интеллекта явственно проступает при анализе содержания исследований искусственного интеллекта. Изучая работы в области ис-

---

[1] Неконструктивная математика содержит процедуры актуализации несчетных множеств, которые входят в основание многих разделов современной математики, но еще не нашли удовлетворительного конструктивного истолкования. По-видимому, здесь мы сталкиваемся с абстрактным отображением рефлексивных процессов. Соответственно вместо термина «актуальная бесконечность» было бы целесообразнее употреблять термин «рефлексивная бесконечность». Различение классов и множеств в аксиоматике Бернеса-Геделя является отражением этого обстоятельства.

кусственного интеллекта, нельзя не обратить внимания на их разноплановость. Наряду с моделями интеллектуальных процессов мы встречаем исследования, направленные на воссоздание самых различных функциональных систем.

Например, анализ содержания докладов, представленных на IV Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту (сентябрь 1975 г., Тбилиси), позволяет классифицировать их по типу функциональной структуры. Нам удалось выделить 9 основных направлений, которым было посвящено наибольшее число докладов:

1) прием поступающей информации — 57,

2) первичный анализ и обобщение информации — 7,

3) формирование представления о среде, построение внутренней модели внешнего мира — 38,

4) запоминание информации и извлечение накопленных данных — 10,

5) преобразование информации, доказательство теорем, логические выводы — 11,

6) принятие решений — 40,

7) построение плана действий — 15,

8) исполнение движений — 15,

9) модели целостного поведения — 17.

Конечно, проведенная классификация весьма условна, но она наглядно демонстрирует, что современные работы в области искусственного интеллекта в совокупности как бы описывают функциональную архитектуру некоего искусственного организма. Отсюда понятно, что термин «искусственный интеллект» не отражает в полной мере содержание комплекса исследований, фигурирующих под этим названием.

Мы попытались также выявить по текстам докладов позиции авторов в отношении проблемы искусственного интеллекта (ИИ). Были введены пять типов отношения к проблеме ИИ: 1) моделирование естественного интеллекта; 2) воссоздание в техническом устройстве принципов работы живого организма (бионический подход); 3) решение абстрактной кибернетической задачи вне связи с возможным прообразом или машиной; 4) методологическое и теоретическое осознание проблемы, разработка новых принципов и теорий; 5) создание методических и технических средств конструирования ИИ (языков описания, специальных процедур и т. п.).

Несомненно, точное выявление позиции автора крайне затруднительно. Иногда в одной работе реализуются два подхода (например, модельный и бионический). Возможно, предварительная методологическая проработка не была включена автором в текст доклада. Несмотря на отмеченную неоднозначность, такая классификация была выполнена, и результаты представлены в табл. 1.

Полученные данные весьма примечательны. Они свидетельствуют о том, что большинство авторов стоит на позиции воспроизведения в конструкции ИИ известных (или определяемых «по здравому смыслу») принципов интеллектуальной деятельности человека и непосредственного моделирования психических процессов. Содержание этих работ совершенно не отличается от исследований по математической психологии.

Таблица 1

Позиции авторов в разработке проблемы ИИ

№	Позиция	Число работ
1	Моделирование	57
2	Бионика	52
1 & 2	Моделирование & бионика	34
3	Абстракция	65
4	Методология и теория	9
5	Технология	25

На основании краткого анализа истории взаимодействия психологии и математики мы выделили *три основных направления математизации*: собственно психологическое, физиологическое и логическое. Включение технических устройств в контекст анализа отношений психологии и математики позволяет уточнить эти отношения.

Развитие первого направления привело к созданию конструкций, способных к самостоятельному функционированию (например, модель памяти Р. Аткинсона [15]).

Физиологический механизм оказался удобной формой машинного воплощения психических процессов. Однако здесь открывались существенные трудности, которые дали о себе знать много позднее, в середине XX в. при попытках моделирования высшей нервной деятельности

[220], когда проявилась функциональная ограниченность физиологических механизмов. Более того, в основе всех физиологических программ построения «объективной психологии» неявно лежит постулат тождества функций при тождестве конструкций, который действителен для простых систем, но не выполняется в системах высокой сложности (например, две одинаковые вычислительные машины могут решать разные задачи). Поэтому между знанием устройства машины и знанием ее поведения существует разрыв, который требует восполнения за счет независимых наблюдений поведения. Не случайно С. Л. Рубинштейн [192] писал о вторичной роли физиологии в исследовании психических процессов.

Работы третьего направления, приведшие к созданию современных ЭВМ, также опирались на анализ технических устройств. Задолго до Дж. Буля, в 1650 г. создатель первой вычислительной машины Б. Паскаль писал, что арифметическая машина производит действия, которые ближе к действиям мысли, чем все то, что могут производить животные, но машина ничего не может сделать такого, что указывало бы, будто у нее есть воля, как у животных [172а].

Эволюция трех направлений привела к известной конвергенции, опосредованной техническими устройствами. Соотношения между символами и реакциями постепенно развивались в обобщенные поведенческие модели, которые приобретали способность к самостоятельному воспроизведению ответа на поступивший символ.

Физиологические исследования, переходя от примитивной схемы рефлекса к функциональной системе, достигли степени организации, достаточной для самостоятельного поведения в случае реализации в форме машины.

Развитие математической логики, подкрепленное усовершенствованием технологии, позволило создать вычислительную технику, которая уже сама по себе стала моделью регулятивных процессов в деятельности человека, что проявилось особенно наглядно после появления первых устройств искусственного интеллекта.

Итак, в итоге развития каждого из трех направлений использования математики для описания психики человека мы видим машины более или менее сложные, но в своей материальности чуждые душевной жизни человека. Мы понимаем, что все три направления являются ответвлениями основного, четвертого направления, в русле которо-

го создавались все машины: от простейших орудий через вычислительную машину Паскаля до современной вычислительной техники. Это единство служит важным стимулом и реальной предпосылкой для разработки единой психологической теории, объединяющей идеи кибернетики, физиологии и традиционной психологии, где машинный уровень описания мог бы стать фундаментом для описания высших психических функций.

Содержательный и генетический анализ отношений математической психологии и систем искусственного интеллекта позволяет по-новому увидеть развитие не только психологии, но и кибернетики, которое традиционно представляют как бионический процесс: строение человека (и его мозга) как машины, реализованной на нейтронном субстрате, переносится на технические элементы. Тем самым, казалось бы, обеспечивается сходство человека и машины. Несомненно, нельзя отрицать значения бионики как эвристического приема, но кардинальное развитие машинной техники осуществляется иным путем. Любая машина продолжает и замещает человека в его деятельности, поэтому она не может быть создана раньше соответствующей формы деятельности (своим появлением машина преобразует деятельность, но уже на следующем этапе развития). Например, конструкция автоматов с обратной связью первоначально была воплощена в регулирующей деятельности человека, затем она появилась в машинах, и лишь потом обратную связь «увидели» в конструкции мозга. Прогресс форм деятельности, отображаемый в машинной технике, с некоторой задержкой, порой измеряемой столетиями, ведет к совершенствованию представлений о «механизмах» психики.

Перенос центрального момента в развитии кибернетики с эвристического поиска ученого на генезис человеческой деятельности изменяет соотношение математико-кибернетических конструкций и психологической реальности. Вместо чуждых психологии схем, накладываемых на деятельность человека и искажающих представление о ней, мы видим генетически связанные с психологией теории, отразившие в себе основные моменты психологического содержания. Отсюда следует общность (но не тождество) процессов регуляции, осуществляемых естественным и искусственным интеллектом. Одна из важнейших особенностей, отличающих естественный интеллект, обусловливается сознательной активностью человека, которая преобра-

зует бытие «плоских» машинных схем и переводит их в подвижную, многоуровневую форму.

Итак, *в ходе решения проблемы содержательности математических конструкций психологии необходим переход к новым обобщающим системным представлениям*, где могли бы быть целостно выражены как аспекты объектно-физического манипулирования, порождающие пространственно-морфологическое разнообразие, так и аспекты регуляционной связности. На пути создания такой системы, которая смогла бы объединить различные подходы и концепции, синтезировать представления о деятельности, установке и психических процессах, необходимо разрешить ряд фундаментальных проблем, часть которых отчетливо проступает при соотнесении естественного и искусственного интеллекта; среди них прежде всего проблема «машинности» в деятельности человека, проблема формализуемости психологического знания.

Таким образом, мы можем констатировать, что:

1) Применение математических методов в психологии началось в XIX в. одновременно с зарождением научной психологии. 2) Математическая психология в настоящее время не составляет целостной научной дисциплины в силу принципиальных различий применяемых математических методов. 3) Одно из основных направлений взаимодействия психологии и математики опосредуется кибернетикой и связано с построением математико-кибернетических моделей психики. 4) Математические модели способны передавать психологическое содержание, но его выявление порой требует анализа общественно-исторической практики человечества, в которую включены процессы моделирования. 5) В отличие от естественных наук взаимодействие психологии с математикой порождает проблемы множественности и относительности математического описания психики. Эти проблемы связаны с активностью человеческого сознания, и они снимаются через подключение процесса математизации к целостному процессу социально-исторического развития. 6) На примере исследования систем искусственного интеллекта прослеживается связь познавательной и практической сторон процесса построения математических моделей.

Глава 2

Системность — основа развития математической психологии

*

На примере исследований искусственного интеллекта мы показали, что создание работоспособной интеллектуальной конструкции потребовало синтеза в одном устройстве самых различных психических механизмов: восприятия, памяти, обучения и т. д.

Подобное единство существует и в «естественной» психике человека, где различные процессы тесно взаимосвязаны. Равным образом любой прогресс в математическом моделировании психики неизбежно сопровождается интеграцией частных моделей. Более того, развитие математической психологии включено в человеческую практику, в развитие человеческого общества как целостной самопознающей и саморазвивающейся системы. Обращение к общественной практике необходимо и при идентификации параметров модели и при претворении математических выражений в форму машин и т. д.

Чтобы перейти от частных моделей психических явлений к построению системной математической психологии полезно было бы иметь хотя бы эскизный проект общей системной психологии. Тогда, имея перед собой описание системы связей параметров и переменных, психолог-математик мог бы последовательно расширять сферу моделирования, четко определять границы переходов от одной частной модели к другой. Однако такого проекта нет: системная психология только создается. Более того, есть все основания предполагать, что именно математика может стать инструментом интеграции психологии.

Специалисты в области математического моделирования психики имеют общую цель с представителями системного подхода в психологии: собрать в единое целое разрозненные многоликие психологические феномены. Формирование системных представлений на первом шаге — это просто структурирование знаний, необходимый этап на пути построения моделей.

Подобная картина наблюдается на всех этапах в

процессе математизации любой науки: физики, биологии, экономики и др.

Физика Ньютона интегрировалась на моделях механики. Электродинамика Максвелла позволила объединить электромагнитные явления. Релятивистская физика создала общие основания и для механики, и для электромагнитной теории. И если сегодня мы имеем право говорить о физике как о единой науке, то прежде всего потому, что существуют правила перехода от одних модельных представлений к другим (например, от квантовых к термодинамическим).

Короче говоря, математическая психология должна подключиться к системному движению в психологии — в этом условие ее дальнейшего развития. Более того, построение целостной математической психологии — одно из условий становления системной психологии.

Основные представления системной психологии группируются вокруг трех пунктов: 1) элементы (единицы) описания психического, 2) структуры, образуемые этими элементами, 3) причины и закономерности изменения структур.

На сегодняшний день в психологии не сложилось единых представлений ни по одному из этих пунктов. Поэтому мы считаем необходимым изложение соответствующих представлений дать в историко-критическом аспекте: раскрывая процесс формирования тех или иных представлений и критически соотнося разные представления. Становление основных положений системной психологии поучительно также в том отношении, что современное состояние дел в области математической психологии во многом напоминает состояние всей психологической науки в начале века. Те же отрывочные, во многом конфликтные представления о предмете, та же вынужденная генерализация частных концепций.

Поэтому современная математическая психология должна (в ускоренном темпе) повторить путь, пройденный психологией от начала века до наших дней.

Многочисленные современные модели обучения, построенные по принципу подкрепления правильного ответа, по своему психологическому содержанию не отличаются от условно-рефлекторных представлений.

В настоящей главе мы попытаемся решить следующие задачи: 1) рассмотрим историю становления деятельностного подхода как первого этапа формирования системной психологии, 2) рассмотрим основные представления о сис-

теме человеческой активности, ее единицах и структурах, 3) рассмотрим отношения социального — психического как ведущей причины развития психики.

На первом этапе формирования системной психологии существенное значение имеет так называемый деятельностный подход, к рассмотрению которого мы и перейдем.

1. Проблема деятельности в математической психологии

В настоящее время категория деятельности стала одной из основных в теоретической психологии, а также в организации и интерпретации психологического эксперимента. Наряду с психологами исследованием категории деятельности заняты специалисты самых разных областей науки. Так, философы используют категорию деятельности для решения гносеологических проблем, экономисты пытаются оптимизировать деятельность руководителей, привлекая для этой цели новейшую вычислительную технику, историки переходят от простого описания событий к реконструкции и анализу деятельности общества, специалисты в области искусственного интеллекта сталкиваются с необходимостью построения *деятельного* искусственного интеллекта.

Категория деятельности играет важную роль в развитии математической психологии. Значение деятельностного подхода для формирования предмета и структуры математической психологии привлекает прежде всего возможностью системной организации психических явлений, поскольку позволяет объединить в единую систему разнородные психические процессы: мышления, восприятия, сознания и другие, найти взаимную детерминацию индивидуальных и коллективных психологических закономерностей. Одно из наиболее существенных достоинств деятельностного подхода состоит в реализации связи между психологическим понятием личности и понятием психического процесса [256; 257].

Не только в психологии, но и в других дисциплинах категория деятельности позволяет перестроить и систематизировать систему объяснительных заключений [4; 192; 266], хотя содержание деятельности трактуется при этом по-разному в зависимости от конкретных решаемых задач.

Отдельные попытки объединить разные трактовки деятельности страдают отсутствием четкого осознания специфики дисциплин [106]. В результате понятие деятельности иногда приобретает совершено безграничные размеры, поглощая в себе все аспекты человеческого бытия. Не случайно Б. Ф. Ломов, подчеркивая необходимость включения в теоретические схемы психологии понятия общения, отмечает, что «в последние годы некоторые психологи применяют понятие «деятельность» очень широко. Деятельность берется как категория, охватывающая все стороны социального (да и не только социального) бытия человека, любую активность» [141, с. 126].

Поэтому многие понятия, сложившиеся в рамках деятельностного подхода, несут на себе печать синкретичности и неоднозначности. Так, одно из фундаментальных понятий — понятие операции — не совпадает по содержанию в теории деятельности А. Н. Леонтьева и в инженерной психологии. Еще бо́льшие расхождения мы наблюдаем в использовании одних и тех же терминов в разных дисциплинах. За словом «поведение» у физиологов, психологов, кибернетиков скрывается весьма различное содержание. Несовпадение понятий, обозначаемых одним термином в нескольких дисциплинах,— явление довольно частое и, казалось бы, опасности не представляет. Однако в данном случае употребление тождественных терминов по поводу разных понятий в смежных дисциплинах, при описании одних и тех же явлений ведет к непониманию и ошибкам. Неоднозначность терминов особенно опасна в моменты выхода за границы научной области при смене предмета исследования.

В еще большей степени точная фиксация понятий необходима при использовании математических методов. С одной стороны, без строгого определения понятий нельзя построить адекватного математического описания явления. С другой — неоднозначность интерпретации математических выкладок может привести к прямым ошибкам.

Поэтому мы считаем обязательным в обсуждение системных проблем математической психологии включить изложение и уточнение основных аспектов деятельностного подхода в психологии.

Представление о деятельности как одной из основополагающих категорий, синтезирующей, в частности, многие психологические понятия, имеет давнюю историю в философии и науке (см., напр. [173]).

Центральное место в научном арсенале советской психологии категория деятельности заняла как следствие марксистского подхода к изучению психических явлений. Сразу же после революции советские психологи встали перед задачей освободить науку о душевной жизни человека от мистической шелухи и включить ее в систему материалистического научного мировоззрения.

Долгая и трудная работа по освоению и пересмотру результатов предшествовавшего периода развития психологии, критический анализ различных школ и направлений позволили отвергнуть примитивно-упрощенческие подходы и создать для советской психологии методологический фундамент, который дал возможность синтезировать отдельные позитивные достижения в стройную систему и стимулировал дальнейшее развитие психологии [7; 8; 32; 49; 56; 116; 127; 146].

В начале этого исторического пути были попытки объяснить психику прямолинейно-механистически, что в конечном счете завело отдельных психологов в тупики бихевиоризма. Среди них был и К. Н. Корнилов. Отбрасывая изощренные идеалистические концепции, он перешел к другой крайности и предельно упростил психологию, свел ее к реактологии: «Жизнь есть не что иное, как совокупность реакций, а каждая реакция есть в той или иной форме взаимодействие живого организма с окружающей средой. Это взаимодействие, принимая разные формы, в своей основе имеет не что иное, как нарушение и восстановление равновесия между индивидом и окружающей средой. И если уже в мире неорганическом, всюду, где происходит нарушение и восстановление равновесия в виде разряда и трансформации энергии, мы видим в результате преодоление мертвенной неподвижности и зарождение активности в форме механического движения, то с переходом к органическому миру, с его специфической структурой клеточной протоплазмы, а тем более с исключительной по сложности нервной системой, эти разряды энергии приобретают *специфический характер, называемый нами психикой*» [116, с. 4].

Таким образом, даже реакции понимаются К. Н. Корниловым упрощенно и вся специфика психического заключена для него в *усложнении реакции* по сравнению с физическим взаимодействием тел. Поэтому и в своих экспериментальных исследованиях К. Н. Корнилов изучал конкретные зависимости времени реагирования от энер-

гии раздражителя и от необходимых энергетических затрат на осуществление ответного действия. В этих исследованиях он добился интересных результатов, но они ничего не могли дать для понимания специфики психических явлений, которая ограничивалась в его понимании только сложностью акта взаимодействия. Причем сама организация физических процессов в акте реагирования не раскрывалась, да и не могла быть раскрыта на уровне чисто энергетических соотношений.

К. Н. Корнилов делал шаг назад даже по сравнению с Дж. Б. Уотсоном, который, рассматривая лишь внешние проявления жизнедеятельности организма, искал своеобразие психологического подхода в целостности отдельных реакций. Так, противопоставляя психологию физиологии, Дж. Б. Уотсон писал: «Физиология знакомит нас с функциями особых органов... Нигде в физиологии мы не рисуем себе организм таким, каким он представлялся бы нам, будучи вновь собранным и испытанным в его отношениях к окружающему как некое целое» [223, с. 17].

Разумеется, методология, подобная той, какую предлагал К. Н. Корнилов, не была способна ни объединить разрозненные психологические направления того времени, ни стать фундаментом развития советской психологии. Методологические принципы К. Н. Корнилова стали удобной мишенью для критики со стороны идеализма. Здесь уместно провести одну историческую аналогию.

Общеизвестно, что в развитии материалистического мировоззрения существенную роль сыграло преодоление диалектического идеализма. Идеалистическая философия Гегеля, показав ограниченность и внутреннюю противоречивость метафизического материализма, стала этапом на пути создания диалектического материализма. Также и в становлении советской материалистической психологии важную роль сыграла критика реактологии со стороны крупного психолога-экспериментатора Г. Челпанова, стоявшего на позициях объективного идеализма.

Г. Челпанов убедительно показал, что все психические явления, включая сознание и самосознание, должны быть предметом психологического исследования: «Отрицание реальности сознания или вообще психического произошло оттого, что психологи левого фронта, по философскому неведению, вместо марксистского материализма стали на точку зрения... вульгарного материализма» [247, с. 27]. Опираясь на положительные достижения психологии на-

чала XX в., он писал о необходимости выделить психические явления в качестве регулятивов материальной жизни человека.

«При рассмотрении душевной жизни следует исходить от живущего целого, от организма, и именно психофизического организма, так как живое существо не может быть определено всецело ни в терминах тела, ни в терминах сознания... Таким образом, психология изучает жизнь психофизического организма в его процессе приспособления к окружающей среде, поскольку и сознание принимает участие в этом процессе» [247, с. 53].

Г. Челпанов совершенно справедливо замечал, что жизнь человека не ограничивается реакциями меньшей или большей сложности: «В социальных взаимоотношениях человека возникают такие сложные психические процессы, которые никакими рефлексами выражены быть не могут. Пусть, например, рефлексолог попробует,— полемически предлагал Г. Челпанов,— выразить в терминах рефлексологии или вообще физиологии марксовское положение: „Человеческое существо есть совокупность общественных отношений“» [248, с. 9].

Многообразие психических явлений, порождаемых в человеческой жизни, далеко не исчерпывается простейшими физиологическими процессами: «В социальных отношениях на сознание действуют не раздражения, а вещи и сложные события...» [248, с. 9].

Г. Челпанов сумел подметить некоторые важные положения диалектико-материалистической методологии. Он точно зафиксировал многоаспектность жизнедеятельности человека, возможность изучения ее в предметах разных наук: «Жизненные процессы рассматриваются с четырех различных точек зрения: с морфологической, физиологической, праксиологической и психологической» [247, с. 53]. Г. Челпанов понимал значение социальных процессов в системе марксистской методологии: «Существенным для идеологии марксизма является признание, что истинная природа человека познается в общественной жизни. Для Маркса человек, рассматриваемый индивидуально, есть абстракция. Реальный человек есть социальное существо. Поэтому реформа психологии должна была бы состоять в организации изучения социальной психологии. Только этот вид психологии может являться характерным для марксистской идеологии» [248, с. 6].

Однако диалектико-материалистические принципы,

примененные К. Марксом к анализу социальных явлений, свелись у Г. Челпанова к предположению о примате социальной психологии в системе психологического знания: это было чрезмерным упрощением. В результате отношения социального и индивидуального лишались всей диалектической целостности и системности. Г. Челпанов сводил марксистскую психологию к различным зарубежным школам социальной психологии [248, с. 7], особенно выделяя «Völker — psychologie» В. Вундта. Здесь Г. Челпанов допускал две ошибки. Во-первых, он недооценивал влияние марксизма на весь строй социологического мышления конца XIX в. Во-вторых, он совершенно не понял диалектико-материалистического объяснения природы психических явлений. Для Г. Челпанова «другого непосредственного источника познания душевных явлений, кроме внутреннего опыта, не существует»; критикуя прямое редуцирование психического к физическому, он оставался на позициях идеалистического дуализма и считал, что, «познавая физическое, мы ни в коем случае не познаем в то же время и психическое, а познаем только то, что сопровождает психическое» [247, с. 40].

Основополагающие методологические исследования советских психологов появились только в начале 30-х годов. Одной из первых работ, подводившей итоги долгим спорам, была статья С. Л. Рубинштейна [193]. В ней анализировались представления о психическом в деятельности, которые К. Маркс первоначально сформулировал в экономически-философских рукописях 1844 г. и развил в последующих исследованиях социально-экономических проблем. С. Л. Рубинштейн поставил задачу: «Раскрыть с максимальной теоретической заостренностью основную проблематику современной психологии с тем, чтобы со всей возможной четкостью выяснить на основе изучения психологических высказываний Маркса, какое решение этих узловых проблем должно быть положено в основу марксистско-ленинской психологии» [193, с. 20].

Глубокий методологический анализ противоречий между различными направлениями в психологии послужил для С. Л. Рубинштейна основанием для формулировки новой концепции психического. Прежде всего С. Л. Рубинштейн показал, что интроспекционизм, исходящий из *непосредственной данности* явлений внутреннего сознания, делал психологию излишней наукой, а сами данные интроспекции — недоступными объективному

изучению. В то же время бихевиоризм, отвергнув сознание как предмет психологического исследования, по существу сохранил метафизическое, дуалистическое понимание сознания. В равной степени нельзя было построить психологию, ограничившись только отношениями индивидуального и общественного сознания, человека и культуры.

С. Л. Рубинштейн четко сформулировал недостатки основных психологических направлений, но вместе с тем предостерегал от упрощенного их истолкования. «Ошибка интроспективной психологии заключалась не в том, что она хотела сделать сознание предметом психологического изучения, а в том, как она понимала сознание, психику человека. Не в том была ошибка поведенчества, что оно и в психологии хотело изучать человека в его деятельности, а прежде всего в том, как оно понимало эту деятельность. И заблуждения психологии духа заключаются не в признании опосредованности сознания его отношением к культуре, к идеологии, а в том, как она трактует это отношение» [193, с. 24].

Воссоздавая представления К. Маркса о природе психического, С. Л. Рубинштейн строил новую систему психологических понятий, хотя зачастую сохранял внешне неизменную, традиционную терминологию. Центральным моментом в разработке категории деятельности стала диалектическая связь субъекта и объекта, переход субъекта в объект (опредмечивание) и формирование субъективного из предметного мира (распредмечивание).

Отсюда следовал прямой *методический* вывод о способах изучения психики через ее связь с *предметным* миром: «Психика не субъективно, не для познания только представляется опосредствованной: она может быть познана опосредствованно через деятельность человека и продукты этой деятельности, потому что она в бытии своем опосредствована ими. На основе этой концепции самая интроспекция не должна быть вовсе исключена, а должна и может быть перестроена. Психика, сознание могут стать предметом психологии — содержательной и реальной. Объективность в психологии достигается не выключением психики, а принципиальным преобразованием концепции человеческого сознания и концепции человеческой деятельности» [193, с. 28]. Если интроспекционистская и бихевиористская концепции сознания и деятельности останавливались на их чисто внешнем взаимодействии и даже на условном параллелизме, то в марксистской концепции

речь идет о взаимном формировании двух полюсов деятельности. «В направленности на изменение внешнего мира, на формирование объектов деятельности формируется сознание в своем внутреннем существе» [193, с. 30].

Следующим важным положением в новой концепции психического стало разработанное К. Марксом диалектическое взаимодействие индивидуального и общественного в сознании. Как показал С. Л. Рубинштейн, различные социологические направления в психологии (от Дюркгейма до Фрейда) ограничивались внешним взаимодействием психического и социального.

«Решающим для марксистско-ленинской концепции,— писал С. Л. Рубинштейн,— является преодоление противоположности социального и индивидуального, внешнего и внутреннего, осуществляемое в исходной концепции о формировании внутренней сущности человеческого сознания в процессе воздействия человека на внешний мир, в процессе общественной практики, в которой происходит взаимопроникновение действия и предмета и формирование субъекта и сознания через продукты общественной практики» [193, с. 31].

Эти исходные положения С. Л. Рубинштейн развил в отношении человеческой личности: «Определяющее влияние общественных отношений труда на формирование психики осуществляется лишь опосредствованно, через личность» [193, с. 38]. Тем самым был сформулирован личностный принцип в анализе психических явлений, который впоследствии был развит учениками С. Л. Рубинштейна.

В этой же работе намечались подходы к анализу человеческих потребностей: «они — продукт истории, в отличие от инстинктов как только физиологических образований» [193, с. 40].

В своих последующих работах С. Л. Рубинштейн неоднократно возвращался к научному наследию К. Маркса для совершенствования психологической методологии [189, 190, 191].

Ниже мы используем основные результаты С. Л. Рубинштейна для решения проблемы системного анализа деятельности.

Сравнительно малоизвестными для широкой аудитории остались труды К. Мегрелидзе, который, по нашему мнению, внес существенный вклад в разработку марксистско-ленинской методологии конкретных научных исследований общественных явлений. В ряде журнальных пуб-

ликаций конца 20-х — начала 30-х годов, в монографии «Основные проблемы социологии мышления» [153], написанной в 1932—1934 гг., этот выдающийся советский ученый, опираясь на труды К. Маркса, Ф. Энгельса и В. И. Ленина, сумел наметить принципы содержательного исследования взаимосвязи общественного бытия и сознания.

Хотя отдельные положения его работ оспаривались рецензентами (см. напр. [149], однако нельзя отрицать того факта, что К. Мегрелидзе в рамках социологического исследования одним из первых проследил связь «предметной» деятельности общества (общественного производства) с общественным и индивидуальным мышлением.

Он разработал систему понятий о духовной жизни общества, которая существенно отличалась от многих упрощенных механистических представлений. Зачастую задачу социологического исследования видят в усреднении по всей генеральной совокупности (по всему обществу) психологических характеристик индивидов (мнения, знания, потребности). Частным случаем таких упрощенных задач является изучение индивидуальной рефлексии по поводу общества (национальное чувство, групповое сознание как общий знаменатель и т. п.). Все эти задачи только на первый взгляд могут показаться конкретными, а по существу они отрывают социологию от предметной действительности и богатства социального бытия.

Для психологии значение работ К. Мегрелидзе заключено в различении социологического и психологического в мышлении. Предметы этих двух наук совпадают по своей объектной отнесенности. Ведь в сознании конкретного человека общественное не существует в отрыве от индивидуального. Поэтому социальное и психическое в индивидуальном сознании диалектически проникают друг в друга. Различение возможно только через разведение индивидуальной и социальной деятельностей, и именно это продемонстрировал К. Мегрелидзе: «Предметное содержание сознания является не чем иным, как социальным его содержанием, ибо, во-первых, определенные вещи становятся объектами мышления поскольку их выдвигает историческое развитие как проблему. А, во-вторых, человеческое сознание занято объектами лишь постольку, поскольку *в этих вещах и через них оно мыслит и строит в предположении отношение к другим индивидам*» [153, с. 288].

Подчеркивая принцип предметности и социальности в мышлении, К. Мегрелидзе писал, что общественная мысль «рассеяна во всем том великом и малом, чего только касалась человеческая деятельность и в чем человечество постоянно запечатлевало свое мышление, в каких бы продуктах его деятельности это ни выражалось» [153, с. 288].

Разведение социального и психического особенно актуально в настоящее время, когда среди психологов заметно увлечение процессом интериоризации, трансформации мышления из плана внешнего предметного действия во внутренний умственный план. Как правило, интерпретаторы этого процесса упускают из виду, что процесс интериоризации осуществляется не столько в индивидуальном опыте, сколько в историческом развитии общества, запечатлеваясь в языке, логике, предметных операциях и через посредство последних становится продуктом внутреннего опыта.

Не все положения К. Мегрелидзе сохранили значение и актуальность до настоящего времени. Можно отметить, например, что, несмотря на правильность исходных посылок о связи социального мышления с производственной деятельностью, он в описании конкретных механизмов социального творчества оказался недостаточно радикальным и остался частично под влиянием концепций подражания, заимствования и др.

Во всяком случае работы К. Мегрелидзе внесли существенный, но не до конца осмысленный до настоящего времени вклад в развитие марксистско-ленинской методологии общественных наук (социологии, психологии и др.).

В эти же годы советская психология включила в свой методологический и теоретический арсенал идею развития, которая была преобразована в соответствии с принципами марксизма-ленинизма [49; 50; 51; 127].

Например, А. Н. Леонтьев в экспериментах по развитию памяти показал, что внешне опосредствованные формы запоминания в процессе обучения переходят в мыслительные операции [127]. Тем самым открывался путь к объективному исследованию психических механизмов, и в частности сознания,— наиболее трудного момента психологии.

Дальнейшее развитие категории деятельности пошло различными путями. С. Л. Рубинштейн работал над проблемой включения предметной деятельности в целостную систему человеческого бытия, синтезирующую физиоло-

гический, психологический, социологический и другие аспекты [194]. Он построил обобщающую все эти аспекты категорию человеческой формы существования. В этом направлении многое сделал и Б. Г. Ананьев [9], который расширил число основных форм бытия, дополнив деятельность познанием и общением.

Проблеме детализации внутренней структуры предметной деятельности посвятил свои исследования А. Н. Леонтьев, причем особое значение имеет разработанная им система взаимосвязи сознания и деятельности [130; 131].

Всестороннему анализу начального периода развития советской психологии посвящено большое число работ [27; 173; 268 и др.].

Мы кратко отметили некоторые моменты формирования предмета марксистской психологии, чтобы подчеркнуть известное сходство между теми упрощенными представлениями о психическом, которые были преодолены в то время, и теми представлениями, которые сегодня воплощаются в конструкциях математической психологии.

Становление категории деятельности отчетливо продемонстрировало сложность, системность психических явлений, тесное диалектическое взаимодействие индивидуального и общественного в психике каждого человека. Математическая психология сегодня остановилась перед необходимостью передать эту системную целостность; но одной категории деятельности далеко не достаточно ни для общей психологии, ни для системных моделей психики.

Действительно, в современных моделях и схемах математической психологии отсутствуют такие фундаментальные понятия, как сознание, человеческий способ существования, включенность в общественное бытие. Обычно даже не различаются уровни психического. Нынешний этап развития математической психологии в некотором смысле воспроизводит развитие общей психологии. В рамках подобного сопоставления можно было бы сказать, что математическая психология еще только преодолевает стадию раннего бихевиоризма.

2. Системность психологического знания

Расширение предмета психологического исследования, включившее проблематику деятельности, потребовало перестройки самого психологического исследования, которое стало системным. Эта перестройка совпала по времени

с системным движением во всех других научных дисциплинах, с появлением общей теории систем и системотехники. Совпадение не случайное. Оно обусловлено усложнением человеческой деятельности, происшедшим после первой промышленной революции, и первоначально выразилось в создании системно-диалектического метода Г. В. Ф. Гегелем и К. Марксом. Особенности системного метода, использованного К. Марксом, изучены достаточно подробно (см., напр., [121; 125]).

Рассматривая историю развития деятельностного подхода в советской психологии, мы имели возможность в общих чертах проследить, как идеи марксизма привели к преобразованию психологии. По существу основные положения системного метода применительно к психологическим исследованиям были сформулированы уже в период становления советской психологии.

Так, была детально разработана концепция развития в трудах Л. С. Выготского и его последователей.

С. Л. Рубинштейн многое сделал для выяснения процессуальных аспектов психического. В настоящее время эти исследования продолжает А. В. Брушлинский [26].

Нельзя не отметить концепцию установки, созданную Д. Н. Узнадзе, которая позволяла фиксировать статические аспекты психики и изучать их развертывание во времени, выявляя кинематические и динамические свойства [217; 218].

Историю (от античности до нашего времени) развития системных представлений о психическом, особенно в плане структурно-уровневой организации, подробно проследил М. С. Роговин [185]. Он показал, что понятия структуры и уровня, будучи неизменной принадлежностью любой психологической теории, постепенно совершенствовались, но вместе с тем эти понятия сами по себе и раскрываемое с их помощью психологическое содержание существенно изменялись в зависимости от целостной системы теоретических представлений.

Действительно, изменение форм научного мышления, постепенное распространение диалектического метода можно проследить не только в психологии, но и в любой другой научной дисциплине. Так что системный подход является по существу несколько запоздалой рефлексией происшедших за последнее столетие коренных изменений в научной деятельности. Но коль скоро такое осознание новых научных методов пришло, необходимо приложить все

усилия для направленной разработки соответствующей системной методологии.

Фиксация системности как нормативного методологического принципа приводит к тому, что способы мышления, бывшие достижениями гениев, превращаются в *норму мышления* каждого научного работника, в противном случае продукция последнего лишается социального признания.

Характеризуя системный подход в психологии, Б. Ф. Ломов выделяет две группы факторов, которые делают его необходимым: 1) свойства психики как объекта исследования, что отражается, например, в многоуровневости психических явлений, и 2) специфику самой психологической науки, что проявляется в существовании множества разделов и частных психологических дициплин [143]. Это различение системы предмета и системности выявляемого на его основе предметного содержания составляет один из важнейших моментов системного анализа.

Прежде чем перейти к описанию предмета нашего исследования — системы психики, мы считаем необходимым дать краткую характеристику системного знания как особой формы организации научных результатов. В частности, именно системный подход позволяет уточнить место и роль математики, а также любых других формальных систем в предмете науки, содержательно обсудить проблему редукционизма, которая в последнее время весьма остро поставлена в психологии.

Поскольку системное движение есть рефлексия научного мышления, то ничего принципиально нового в способах развития науки это движение дать не может. Более того, сами выявляемые в ходе системного анализа предмета науки методологические закономерности не новы, они осознавались и использовались в научном творчестве. Подтверждение этого вывода легко найти в истории системного движения, которое более чем за десять лет своего существования не обнаруживает никакого содержательного продвижения в разработке принципов системной организации знания.

Все дело в том, что центральной здесь является не содержательная, а дидактическая задача: системные принципы должны стать обязательными во всех науках. Характеризуя состояние социальной психологии, Г. М. Андреева писала: «В отечественной социальной психологии, несмотря на относительно небольшой объем исследований,

рефлексия применяемых методов является тем не менее насущным требованием исследовательской практики» [10, с. 46]. Результатом такого осознания становится требование «системного ви́дения проблемы» и понимания науки как системы.

Поэтому основные проблемы системного подхода заключены сейчас не столько в формулировке общих принципов, сколько в их уточнении и системной интеграции в предмете конкретной науки.

Рассматривая системные принципы, пытаясь последовательно представить их в явном виде, невольно сталкиваешься с определенными негативными моментами. Так, лежащий в основе системного подхода глобальный замысел — выйти за пределы конкретного научного исследования, построить универсальную методологию, применимую в любой научной области, создать метаметодологию, хотя и можно считать похвальным, оказался весьма коварным. Дело в том, что без опоры на предметное содержание выдвигаемые общие положения лишаются системной определенности. Стремление дифференцировать научные понятия порой ведет к синкретичности общих принципов. Поэтому разработка системного подхода еще далека от завершения и потребует несравненно большего времени, чем казалось по оптимистическим прогнозам.

Проблемам системной организации научного знания у нас в стране посвящено сравнительно большое число исследований, опубликованных преимущественно в ежегоднике «Системные исследования», начавшем выходить в 1969 г. Характерно, что развитие системных исследований в СССР изначально было связано с совершенствованием деятельностного подхода. Большой цикл исследований посвятили строению системного знания В. Н. Садовский, Э. Г. Юдин [196; 266а; 266]. Системное строение деятельности и методы ее изучения анализировали Э. Г. Юдин, Г. П. Щедровицкий, М. С. Каган, О. И. Генисаретский и др. [57; 58; 106; 196; 261; 265].

Один из важнейших моментов системного подхода связан с проблемой отношений ставшего и развивающегося. Характеризуя эту проблему, Э. Г. Юдин еще в 1965 г. выделял структурный и генетический аспекты системного исследования объектов, непрерывно изменяющихся, обладающих внутренним функционированием и перераспределяющих свои функции. Для таких объектов на основе системы функций строится структура, которая исполь-

зуется в построении механизма функционирования. Вместе с тем «сам генезис должен быть представлен как структура, т. е. должны быть выявлены особые, генетические функции и механизм генезиса» [266, с. 48].

Дальнейший анализ должен быть направлен на «выявление в генетической структуре тех функций, связей и элементов, которые „работают" специально на актуальное функционирование и, наоборот, выявление в актуальной структуре тех функций, элементов и связей, которые „работают" специально на генезис» [266, с. 49].

Г. П. Щедровицкий обратил внимание на то, что при системном описании развивающихся объектов подсистемы функционирования и генезиса, будучи различными и различимыми, тем не менее не могут быть отделены друг от друга морфологически [261, с. 30; 263, с. 211]. Анализ структурно-генетических исследований показывает, что зачастую совмещались сразу несколько пар категорий: 1) структура и процесс, т. е. представление объекта одномоментно в виде связанных между собой элементов и развертывание этого описания во времени; 2) механизм и его функционирование, что по сравнению с предыдущим включает анализ причинно-следственных связей; 3) стационарное или зафиксированное функционирование и развитие этого функционирования.

Иногда возникали и другие дополнительные смыслы. Функционально-генетическое исследование противопоставлялось обычному, когда история и настоящее объекта изучались независимо. При этом характерно, что специфика функционально-генетического исследования объяснялась спецификой объекта, которая состояла именно в том, что он существовал как исторически-развивающийся в своих функциях («популятивный») объект, т. е. внутренние характеристики функционирования объекта не раскрывались. Между тем особенности таких объектов исследования, как деятельность, мышление, речь, заключаются в том, что эти схемы изменяются и, кроме того, сами схемы превращаются в процесс изменения, надстроенный над процессом основного функционирования. Как отмечали некоторые авторы, такими свойствами обладают самоорганизующиеся и рефлексивные объекты; именно особенности их бытия требовали спецификации системного анализа. В каждый момент своего существования подобные объекты не могли быть ограничены конечной структурой, а как бы расширялись до актуальной бесконечности.

Так происходит в мышлении, когда теоретическая схема, приняв форму парадокса, развертывается в бесконечность, или в обществе, когда выявленная закономерность превращается в норму жизни, уточняется, воспроизводится в новой норме и т. д. Это ведет к особому типу бесконечных, неограниченных структур.

Для математической психологии обычно противопоставление «ставшего» и «развивающегося» целесообразно воспроизводить в виде классической схемы, когда объект представляется и исследуется в трех аспектах: статическом, кинематическом и динамическом.

Статическое описание отображает одномоментное состояние объекта: элементы, связи, отношения, структуры в некоторый фиксированный момент времени. При кинематическом описании объект предстает во временной развертке как последовательность разномоментных структур, показывающая изменение и формирование связей и отношений, последовательную упорядоченность и преемственность активности в пределах одного вида, уровня, плана и т. п.

Наконец, динамический аспект включает анализ причинно-следственных отношений и фиксирует движущие силы объекта в каждый момент времени. Только в динамическом описании выявляются причины изменений объекта. Необходимо помнить, однако, что динамическое описание развертывается на базе статических структур и *объясняет* выявленные *кинематические* зависимости. Поэтому найденные в ходе динамического анализа причины процессов должны всегда привязываться к соответствующим структурам. Синтез трех аспектов позволяет построить эволюционно-генетическое описание. Только в целостном многоуровневом динамическом описании могут быть получены описания объекта, обладающие прогностической ценностью. Однако, сколь ни очевидны отношения между ставшим и развивающимся, их реализация в научном предмете вызывает всегда серьезные трудности, ибо невозможно сразу осознать степень соответствия (несоответствия) двух сторон описания.

Так, концепция развития, разрабатывавшаяся Л. С. Выготским и его последователями, противопоставлялась концепции установки, созданной Д. Н. Узнадзе [218]. Только совсем недавно в работе А. Г. Асмолова эти теоретические линии были осознаны как две стороны единого бытия психики [14].

Причем характерно известное совпадение способа объяснения отношений развивающегося и ставшего у Г. П. Щедровицкого и А. Г. Асмолова.

Первый характеризует это так: «В каждый момент времени, в каждом „синхронном“ срезе объекта генетические связи продолжают действовать, продолжают оказывать влияние на связи функционирования и даже, более того, определяют характер и строение последних» [263, с. 30].

А. Г. Асмолов выразил эту же идею более кратко: установка — механизм стабилизации деятельности. Верно передавая отношения статического и кинематического, А. Г. Асмолов не обращает внимания на несущественные (с первого взгляда) детали, которые выявляются при попытках прослеживания процессов функционирования предложенного механизма. Оставаясь в рамках системного подхода, мы должны принять, что установка — это механизм в статике, мгновенное состояние, момент в описании деятельности. Инерционность деятельности (как и любой исторически-развивающейся системы) не определяется только установкой. Сколь бы подвижной деятельность ни была, во всякий момент, мысленно остановив процесс, мы получим установку. Полагая последовательность установок, упорядоченную во времени, мы воссоздаем процесс. Установка предопределяет направленность процессов, но не их скорость.

Инерционность или лабильность развивающейся системы определяются действующими на нее причинами (силами), и потому в ней никаких иных сил, кроме сил функционирования, нет, как и нет проблем взаимодействия генетических и функциональных связей: реальность едина. Эта проблема появляется только в абстракции, при упрощении структурно-генетического описания или на первом этапе состыковки двух описаний.

В частности, инерционность деятельности определяется соответствующими динамическими характеристиками; мотивами, намерениями и пр.

Итак, в рамках системного подхода была четко сформулирована диалектика отношений ставшего и развивающегося и, соответственно, синхронического и диахронического исследований. Вместе с тем была поставлена проблема построения метода исследования особых *самоорганизующихся* объектов. Создание этого метода в рамках собственно системного анализа невозможно, поскольку

необходимо обращение к материалу конкретных наук. В частности, основные моменты данного метода нашли отражение в глоссематике, предложенной Л. Ельмслевым для изучения языков. В психологии элементы этого метода мы находим в работах Н. А. Бернштейна [19], Д. Н. Узнадзе [218] и др.

Непосредственно к структурно-генетическому принципу системного исследования примыкает *принцип поуровневой организации структур*. М. Месарович, Д. Мако, Н. Такахара выделили три этапа уровневых структур: слои, эшелоны и страты [154]. Разбиение системы на *слои* авторы иллюстрируют на примере процедуры принятия решения, выделяя уровни: 1) исходного процессора, 2) выбора, 3) обучения и 4) адаптации, самоорганизации. Здесь нет явного основания для выделения уровней, однако легко заметить, что им является вклад уровня в развитие системы принятия решения. Использование этого основания для дифференциации моделей психических процессов имеет существенное значение, особенно для моделей обучения, хотя необходимые анализ и фиксация основания проводятся крайне редко.

В качестве уровневой организации по *эшелонам* были взяты обычные управленческие системы, где функциональные элементы пространственно разнесены и необходима координация отдельных действий. Наконец, третий тип уровневой организации структур — *страты* задаются «семейством моделей, каждая из которых описывает поведение системы с точки зрения различных уровней абстрагирования» [153, с. 56]. Для каждой страты существует ряд характерных особенностей и переменных, законов и принципов, с помощью которых и описывается поведение системы.

В качестве примера авторы приводят описание ЭВМ как физического тела (страта 1) и программы (страта 2).

И определение, и пример наглядно демонстрируют, что здесь объединены два весьма различных основания порождения уровней. Во-первых, это обычное в системном описании различение аспектов исследования объекта с позиции исследователя, с точки зрения функций, бытия и т. д.

Второе основание — уровень абстрактности описания в пределах одного аспекта, одной исследовательской позиции. Очевидно, что отношения между стратами будут отличаться в зависимости от основания разбиения.

В качестве примера функционального разбиения по стратам можно привести традиционную психофизиологическую проблему, основная трудность которой как раз связана с выяснением отношений между психологическим и физиологическим уровнями описания.

Уровни абстрагированности могут быть представлены в психологии набором экспериментальных данных и интерпретирующей их математической зависимостью.

Здесь целесообразно уточнить и дополнить предложенную М. Месаровичем с соавторами классификацию. Для фиксации позиции исследователя или функционального аспекта мы будем пользоваться получившими широкое признание терминами плана или плоскости описания. Совокупность таких планов синтезируется в конфигуратор. Очевидно, понятие конфигуратора не совпадает ни с понятием иерархии слоев, ни с системой эшелонов. Развитие конфигуратора в системном исследовании переводит его в функционально-организованную систему. В психологии *одной из* таких систем, объединившей разрозненные подходы, стала система деятельности.

Для фиксации степени абстрагированности описания целесообразно, по-видимому, сохранить удачный термин «страта». Уровни логически обобщенного знания дают пример стратифицированного описания.

Перечисленными основаниями, конечно, не исчерпываются возможности уровневой организации структур. Характерной особенностью, позволяющей выделять в структуре уровни, является наличие двух типов отношений: вертикальных и горизонтальных.

Мы привели примеры уровневых структур для того, чтобы показать многообразие лежащих в их основе признаков и подчеркнуть необходимость тщательного учета специфики основания при анализе межуровневого взаимодействия.

Выделение уровней описания осуществляется не только в процессе систематического исследования предмета, но и стихийно.

Так, иногда знания, получаемые в результате применения различных методических приемов, рассматриваются как несопоставимые, между тем они могут входить в единую уровневую структуру. Наиболее ярким примером подобного кажущегося несоответствия может служить использование методов кибернетики в психологии, что расценивалось иногда как «кибернетический редукционизм»

[131]. Между тем кибернетические схемы и получаемые с их помощью данные находятся в содержательном соответствии с психологическим знанием, представляя его в абстрактной форме [86].

Однако важнейшая особенность исследуемых в психологии структур связана с возможностью их неограниченного развития в любом направлении. Так, при изучении восприятия приходится учитывать возможность произвольно глубокого обобщения воспринимаемого материала [100].

В рамках системного подхода важную роль играет также принцип предметности, или функциональный принцип. Смысл его сводится к требованию фиксации способа исследования объекта, явного выделения того аспекта, который служит предметом изучения. Наибольшее значение здесь имеет различение физического бытия объекта и его участия в некоторой системе функционирования. В ходе развития этого принципа создавались представления о позиции исследователя, о многоаспектности системного описания, о конфигураторе как совокупности описаний объекта с разных позиций и т. п.

Несмотря на кажущуюся простоту, *принцип предметности* явился продуктом синтеза нескольких представлений.

Прежде всего само понятие объекта используется здесь в самых разных смыслах. Например, можно выделить такие противопоставления: 1. Объект и модель. Наиболее часто встречающееся противопоставление, когда объект рассматривается как оригинал, имеющий копию (модель). 2. Объект и идея объекта. Объект — некоторое физическое тело, и идея объекта — его образ. Очевидно, идея и модель (копия) не совпадают. 3. Объект и субъект. Объект как нечто подвергающееся воздействию со стороны субъекта в процессе деятельности последнего. 4. Объект и предмет (вещь). Объект как некоторый субстрат и вещь как объект, наделенный функциональными характеристиками. 5. Объект и предмет. Объект как актуальное и предмет как потенциальное. 6. Объект и предмет. Объект как конкретная частность и предмет как обобщающая абстракция.

Последние различения особенно часто ускользают от системного анализа и требуют специального рассмотрения.

Понятие предмета как способа выделения подлежащей изучению реальности существует в трех, на первый взгляд различных смыслах. Во-первых, под предметом понима-

ется объект, взятый в определенном аспекте исследования, во-вторых, как некоторая целостность, создаваемая после применения к объекту определенных методов исследования, и, наконец, под предметом понимается потенциальный объект.

Если первые два варианта понимания предмета отождествляются достаточно часто, то последнее обычно встречается обособленно. Покажем, что два первых определения обязательно подразумевают третье.

Коль скоро нами выделяется некоторый аспект исследования объекта, то он задает определенное многообразие возможностей, т. е. налицо потенциальный, ожидаемый объект. Далее. Каждый метод исследования предопределяет набор характеристик, которые сами по себе или в сочетании с другими наборами, порождаемыми иными методами, создают пространство возможных состояний исследуемого объекта, т. е. вновь — объект выступает как возможность.

Отождествление трех подходов к определению предмета понадобилось нам для того, чтобы проанализировать наметившуюся в рамках системных исследований тенденцию противопоставления объекта и предмета.

Постановку проблемы отношений объекта и средств исследования можно считать достижением системного подхода. Одно из радикальных высказываний на этот счет принадлежит Н. И. Непомнящей, которая провозгласила «отказ от представления применяемого структурного и генетического аппаратов как непосредственно изображающих сам изучаемый объект, рассмотрение их как особых *средств* анализа этого объекта» [165, с. 211].

Фиксация метода исследования позволила сформулировать «*принцип наложения*», сущность которого сводится к тому, что некоторая теоретическая конструкция выбирается в качестве шаблона, мерки, по которой дается описание реальности. В психологии так обстоит дело с теоретико-информационной схемой, схемами надежности, массового обслуживания и им подобными. Элементам и параметрам таких схем после процедуры наложения приписывается прилагательное «субъективный» (коль скоро «объектом наложения» был «субъект деятельности») и основная задача психологии заключается в придании максимальной точности численным значениям параметров. В этом случае часто наблюдается полное отождествление предмета и объекта. Единственную трудность в реализа-

ции принципа наложения его сторонники видят в установлении точных условий, при которых справедливы полученные оценки, а единственную проблему в разработке теории — в усложнении и совершенствовании первоначальной схемы.

Методология употребления принципа наложения целиком заимствована из физики, в которой последовательность операций наложения, получения количественных оценок параметров, корректировки схемы и обобщения на различные условия обеспечивает постепенное приближение к истине, к подлинной «картине мира».

Однако возникает естественный вопрос: в какой степени воплощается в абстрактных схемах психологическая реальность? Ответ на него непрост, и зачастую нам приходится слышать крайние мнения, в равной степени не подкрепленные детальным методологическим анализом состояния проблемы. При этом утверждается, что любая теоретическая схема упрощает, редуцирует реальность и не может существовать независимо от целостной системы психологического знания.

Как ни странно, но именно идеология системного подхода в его крайнем выражении открывает дорогу произвольному описанию объекта: достаточно лишь оговориться, что та или иная схема включена в целостную систему описания.

Об опасности возникновения подобных ситуаций предостерегал Н. Ф. Овчинников, отмечавший, что рассмотрение объекта с разных позиций, в качестве набора различных описаний «не только открывает путь к всестороннему анализу, но и заключает в себе возможность произвольной интерпретации объекта познания. В силу этого в научном познании часто возникает такая ситуация, когда объект как некоторая объективная целостность исчезает из рассмотрения и остается лишь предмет исследования, определяемый целиком условиями данной задачи» [169, с. 114].

Рассмотрим проблему более подробно. Во-первых, объект при любом способе схематизации, при *произвольном ожидании* возможных свойств, отражает в актуализации предметной схемы свои объективные качества, оказывает *опосредствованное* влияние на результаты исследования [1].

[1] Произвольность здесь кажущаяся, ибо всегда имеется набор средств, методов и представлений, в которых эта «произвольность» зафиксирована.

Решение вопроса о содержательном соответствии полученных результатов и всей совокупности научных знаний требует специального системно-методологического анализа.

Во-вторых, специфика психологического исследования заключена в том, *что схема описания становится нормой деятельности*. Вместо пассивного ожидания результатов мы имеем активный проект.

Решение вопроса о содержательности той или иной теоретической схемы возможно в том случае, если схема как некоторая потенциальная характеристика объекта будет сопоставлена с предметом науки, взятым также в аспекте потенцирования свойств.

Применение математических методов в психологии требует постоянного анализа их содержательного соответствия предмету психологии [86; 87; 89]. Модели могут отображать объект с разной степенью содержательности. Не имея здесь возможности строить общую классификацию моделей, мы считаем необходимым выделить *четыре основных уровня отношений модели и оригинала*. К первому уровню следует отнести фундаментальные модели, отображающие как внешние проявления деятельности, так и механизмы регуляции. Второй уровень образуют поведенческие модели, отображающие отношения «вход—выход» системы [75]. Имитационные модели принадлежат к третьему уровню, выделяя из многообразия отношения «вход — выход» отдельные взаимосвязанные характеристики [84; 95]. На четвертом уровне располагаются модели, выражающие отношения некоторых параметров оригинала в форме функциональных (аналитических, статистических) зависимостей (например, закон Фехнера).

Легко заметить, что классификация моделей по уровням содержательности не исключает возможности применения других классификационных признаков. Например, весьма важным показателем является степень охвата объекта (частные или общие модели).

Модели могут отличаться и уровнем абстрактности. При этом необходимо различать абстрагирование как форму обобщения, отбрасывания частностей, и редуцирование как игнорирование существенных аспектов предмета.

Центральный момент системного анализа заключается в выявлении простейшей «клеточки», «молярной» единицы, которая синтезирует в себе многообразие аспектов, функций и тем самым упрощает последующее применение

системного подхода. В идеале структура связей между отдельными «клеточками» должна нести минимальную содержательную нагрузку, необходимую только для оперативного преобразования системы.

Аналогом «клетки» при построении математических моделей психических явлений обычно служит некоторая базовая модель. Базовых моделей в конкретном системном описании может быть несколько. Например, известная и широко используемая модель системы связи К. Шеннона является композицией двух базовых моделей: «передатчик-приемник» и «кодирующее устройство (кодер)», обеспечивающих описание процессов передачи и преобразования сигналов.

Базовые модели выявляются на первом этапе исследования и позволяют установить, какая сторона реальных процессов содержится в описании. На следующем этапе системного исследования изучаются способы модификации базовой модели и построения соответствующей типологии. На третьем этапе — выявляются способы соединения, синтеза отдельных базовых моделей в систему. И на последнем, четвертом этапе исследуются вариации входных переменных, их влияние на получаемые характеристики в зависимости от заданного набора параметров. После этого складывается представление о том, какие психологические переменные непосредственно передаются модельными процессами и какие присутствуют в качестве внешних факторов, определяющих особенности протекания процессов в модели. Например, в моделях теории массового обслуживания распределение заявок является одним из процессов функционирования. В противоположность этому характеристика утомления не содержится в этой модели и имитируется некоторой функцией от «абсолютного» времени работы. Схема условного рефлекса или «функциональная система» дают другие примеры системных единиц, из которых складывается целое — жизнедеятельность организма [11].

Системные принципы организации научного знания предполагают фиксацию форм употребления этих знаний в общественной практике.

Одна и та же теоретическая конструкция, одни и те же научные данные могут быть использованы в разных научных областях и сферах практики. Подобное многообразие употреблений мы наблюдаем в отношении кибернетических понятий и конструкций. В равной степени многознач-

ным понятием стала деятельность, которая употребляется в экономике, физике, теории познания, психологии. Понятие деятельности обращается на самую научную практику и порождает необходимость фиксации не только средств и предмета исследования, но и целей. Если в деятельности мы ставим цель — исследовать объект в его конкретной данности и потенциальной возможности, оставив субъекта как промежуточное нечто, то мы занимаемся физикой. Если нас интересует в деятельности субъект, более того, человек как субъект, то мы переходим в предмет психологии.

Таким образом, системный подход выдвигает определенные принципы организации научного знания: 1) единство ставшего и развивающегося; 2) единство конкретного и абстрактного; 3) единство потенциального и актуального.

Единство всех трех противоположностей возможно только в бесконечном развертывании знания.

Конечно, этими принципами список не исчерпывается. Некоторые другие принципы будут введены нами позднее.

Сейчас же мы подчеркиваем лишь тот факт, что системность не эквивалентна сложности предмета, точно так же система — это не только объект исследования.

Системный подход предполагает особую организацию знания и специфические правила их получения и употребления. Иными словами, системный подход в науке означает системную организацию всей научной деятельности.

В целом конкретизация системных принципов применительно к психологическим понятиям оказалась делом не простым. Б. Ф. Ломов, завершая анализ системного подхода в психологии, отмечает, что «дальнейшая разработка системного подхода и методов системного анализа потребует еще немалых усилий». Вместе с тем он убежден в том, что «этот подход должен стать инструментом синтеза многочисленных специальных областей психологии и дальнейшего развития ее общей теории» [143, с. 44].

3. Система человеческой активности

Осуществляя системное моделирование психического, необходимо учитывать многоуровневость его бытия.

Исходный момент описания психики в системе деятельности составляет физический план бытия. Физический аспект бытия как основной уровень системного описания

психики должен постоянно учитываться в методологии психологического исследования. Естественные науки (физика, химия, механика, объединяемые иногда в понятие Физика с большой буквы) входят в психологию и составляют ее естественнонаучный базис. К. Маркс писал, что «впоследствии естествознание включит в себя науку о человеке в такой же мере, в какой наука о человеке включит в себя естествознание» [1, т. 42, с. 124].

К. Маркс и Ф. Энгельс подчеркивали, что исходными предпосылками научного исследования человеческого бытия должны стать «действительные индивиды, их деятельность и материальные условия их жизни» [1, т. 3, с. 18]. Отсюда следовало, что «первый конкретный факт, который подлежит констатированию, — телесная организация этих индивидов и обусловленное ею отношение их к остальной природе» [1, т. 3, с. 19]. Таким образом, «физические свойства самих людей», «природные условия» и другие естественнонаучные характеристики должны стать исходным моментом исследования истории, социологии, психологии и других общественных наук.

Отсюда следует, что процесс жизни «появляется сразу в качестве двоякого отношения: с одной стороны, в качестве естественного, а с другой — в качестве общественного отношения» [1, т. 3, с. 28].

Этот принцип стал исходной посылкой в ходе формирования советской психологии, и он должен стать ведущим при построении математических моделей психики. Определяя сознание, самую «психологическую» из всех психологических категорий, С. Л. Рубинштейн в 1934 г. писал: «Сознание, будучи свойством материи, которая может обладать и может не обладать сознанием (марксизм — не панпсихизм!), является качеством человеческой личности, без которого она не была бы тем, что она есть». И далее: «Но сущность личности есть совокупность общественных отношений» [193, с. 39], чем подчеркивалось, что материальность сознания не определяет еще его специфику, т. е. при изучении психики нельзя ограничиваться только уровнем физического описания.

Рассматривая деятельность и психическое в ней, мы должны выделять как реальности объекты деятельности (исходное сырье и продукт), средства деятельности (машины, орудия), людей, выполняющих роль субъекта деятельности. Используемые в деятельности условные знаки и слова — это также материальные объекты. Между всеми

упомянутыми объектами устанавливаются пространственно-временные, энергетические, вещественные и другие отношения.

Исследуя психологические закономерности жизни коллектива, социальные психологи выделяют контактные группы, опираясь на физические признаки. Если общение людей опосредуется прибором, предметом совместной деятельности, книгой, то соответственно преобразуются и формы общения. Тем самым чисто физические характеристики входят неотъемлемыми компонентами в психологическое описание. Ведь можно, например, различать стационарные, существующие длительное время, и кратковременные ассоциации людей. Взаимное расположение людей и станков в цехе оказывает существенное влияние на психологический климат и эффективность производства.

Отсюда, в частности, следует, что психофизика как раздел психологии, изучающий отношения физического и психического, должна увеличивать сферу своей деятельности по мере развития предмета психологии, включая процессы памяти, коммуникации и др.

Очерчивая круг возможных подходов к такому, сравнительно простому, казалось бы, психическому явлению, как восприятие, Б. Ф. Ломов выделяет прежде всего физический и психофизический аспекты анализа [143, с. 39]

Физическое — это не момент бытия идеи, запечатленной в материи, в противном случае мы не смогли бы отличить его от всех других характеристик в системе знания. Физическое — это и не вся система описания. Следовательно, познавательная проблема состоит не в том, чтобы увидеть физическое в бытии, а в том, чтобы увидеть физическое через психическое и не потерять из виду последнее.

Единство функционального и физического планов в процессе исследования выражается в единстве психического и физического в предмете исследования.

«Психическое в действительности,— писал С. Л. Рубинштейн,— не обособляется, образуя замкнутый в себе мир, а является «элементом» в психофизическом контексте реальной жизни и деятельности человека» [192, с. 152]. Анализируя аспекты описания человеческого действия, С. Л. Рубинштейн отмечал: «Разделить в нем начисто психическое и физическое — значит вычленить из него две абстракции (в известных целях правомерные, поскольку физическое и психическое качественно отлич-

ны друг от друга), из которых никак, однако, простым наложением их друг на друга не воссоздать живого единства реального человеческого действия» [192, с. 154].

Единство двух планов исследования преодолевает обособление психического от «реальной материальной деятельности»; именно отсюда С. Л. Рубинштейн приходит к выводу о преобразовании предмета психологического исследования: «Советская психология не ограничивает сферу своего ведения психическими процессами, а включает в нее также деятельность человека, потому что не только внутренние психические процессы, но и любое реальное физическое действие человека, которым он изменяет мир, имеет свои мотивы, предполагает то или иное осознание цели, включает в себя отношение к разрешаемой задаче — словом, имеет психологическое содержание» [192, с. 154].

Над физическим планом бытия надстраивается функциональный. Способ использования инструмента, технологический процесс изготовления продукта, методы управления производством, необходимые знания, критерии оценки качества и многое другое — элементы функционирования в целом. Собственно говоря, функция в данном случае является указанием на форму участия некоторого объекта в деятельности. Сочетание объектно-физического и функционального планов дано в диалектическом единстве: изменения в одном из них ведут к преобразованиям в другом. Так, в функциональном плане все элементы деятельности как бы приобретают дополнительные, «естественные» функции. В то же время объективные характеристики, даже такие простые, как прочность, подразумевают возможное функциональное употребление. В обыденной житейской практике функциональная и объектно-физическая стороны некоторого тела обычно «склеиваются», синтезируются в одно целое. Например, в станке видят не его материал, но средство для механической обработки деталей. Такие функционально-определенные объекты называются искусственными вещами. Если слитность, синкретичность свойств тел вполне допустима и даже целесообразна при *использовании* вещей, то при описании психических процессов и построении их математических моделей различение двух планов — физического и функционального — совершенно необходимо.

Один и тот же физический объект в различных процессах может выполнять разные функции, становясь то объ-

ектом преобразования, то средством воздействия на другой объект, то субъектом деятельности, если рассматриваемым физическим объектом является конкретный человек.

Таким образом, функциональный план описания реального объекта не однозначен, он распадается на множество слоев в соответствии с теми системами процессов, в которые включен. В наибольшей степени разносторонность свойственна человеку, который в силу своей приспособляемости, активности, сознательного отношения к работе как бы одновременно выполняет множество различных функций. Исполнение человеком любого, даже примитивного, задания существенно отличается от функционирования самой совершенной машины. Человек перестраивается в зависимости от ситуации, эмоционально реагирует на получаемые результаты, осознает свое участие в деятельности.

Дополнение физического плана функциональным является первым шагом на пути построения психологического описания. Более того, как считает Б. Ф. Ломов, «с понимания психологических качеств как функциональных и начинается развитие научной психологии» [143, с. 35].

Однако чисто функциональный подход не позволяет в полной мере раскрыть природу психических явлений. Взятая изолированно, каждая функция лишена смысла. Только в единстве, будучи рассматриваемы совместно, отдельные функциональные планы могут составить целостное представление. В связи с этим Б. Ф. Ломов отмечает: «Изучение функций психики в жизни человека закономерно приводит к необходимости рассматривать его психологические качества в многообразии отношений к той сложной системе, в которой он живет и которая образует его мир. В исследовании психического обнаруживаются не только функциональные характеристики, но и модус системного качества» [143, с. 35].

Системность функционального описания психики определяется структурой деятельности человека, которая в этом отношении выступает как форма координации различных функциональных планов. В этом смысле деятельность можно назвать функциональной структурой.

Функциональное описание (как изолированное, так и системное) строится наряду с физическим и по поводу последнего, т. е. в упорядоченной системе планов, чем определяется один существенный момент, который иногда

забывают, иногда абсолютизируют. Дело в том, что функциональное описание затрагивает все компоненты бытия. Следовательно, субъект, средства, объект функционирования, будучи спроектированы на плоскость Физики, становятся физическими телами в особом качестве, определяемом их участием в функциональном процессе.

Эту особенность деятельности человека очень тонко очертил А. А. Ухтомский: «Мы принимаем решения и действуем на основании того, как представляем действительное положение вещей, но действительное положение вещей представляется нами в прямой зависимости от того, как мы действуем! Человек видит реальность такою, каковы его доминанты, то есть главенствующие направления его деятельности. Человек видит в мире и в людях предопределенное своею деятельностью, т. е. так или иначе, самого себя» [226, с. 254].

Далее А. А. Ухтомский замечает, что эта особенность часто гипертрофируется в психических заболеваниях.

Преодоление этой двойственности, которая появляется после выделения функционального плана, в ходе системного анализа осуществляется и в медицине, и в научной деятельности сходным образом. Врач-психиатр подключает больного к практической деятельности. Методолог-марксист указывает, что единство функционального и физического ведет к преобразованию природы, чем определяется второй важнейший момент диалектико-материалистического подхода к анализу человеческого бытия, который был предельно четко сформулирован К. Марксом: «Вопрос о том, обладает ли человеческое мышление предметной истинностью — вовсе не вопрос теории, а практический вопрос. В практике должен доказать человек истинность, т. е. действительность и мощь, посюсторонность своего мышления» [1, 3, с. 1].

Требование учитывать субъекта с его функциями в анализе физического плана, взятое изолированно, ведет к агностицизму, поскольку каждая физическая характеристика оказывается функциональной. Напоминание о включенности субъекта в практическую деятельность общества, представляющую единство субъекта и объекта, снимает эту опасность, но одновременно ставит вопрос о возможности выхода за пределы прагматизма.

Иногда реализуется другой ложный ход. Чтобы исключить возможность агностицизма и солипсизма, субъект отделяется от объекта. Между тем предметная действитель-

ность в процессе функционирования образует и преобразует субъекта.

Итак, функциональному описанию и его обобщению в системе деятельности свойственно (и необходимо) единство предмета и субъекта. Поэтому предметность столь же неотъемлемая характеристика, как и материальность. В равной степени предметность — предельно общая и, следовательно, предельно абстрактная характеристика.

Этот общеметодологический смысл понятия предметности иногда смешивают или синкретически совмещают с другим, более конкретным понятием. А именно, когда речь идет о предметном действии, имеется в виду включенность психики в управление физическими процессами бытия предмета и соответствующая объективация психического логикой физических законов. В этом случае предметность берется в парадигме: 1) регуляция в самих физических процессах и 2) регуляция в процессах опосредования. Второй тезис парадигмы означает движение психики в законах абстрактного предмета.

Но в обоих случаях предмет как компонент функционального описания сохраняется. Поэтому говорить в общеметодологическом смысле о предметной деятельности, противопоставляя ее беспредметной, вне сформулированной парадигмы — бесплодное занятие.

Единство физического и функционального ведет, далее, к тому, что функция закрепляется в продуктах труда, в окружающем человека мире. Вместе с тем и сам субъект преобразуется в процессе функционирования как природное существо.

Оба эти момента присутствуют и в филогенезе, и в онтогенезе.

Следующий вывод из единства физического и функционального касается отношений индивидуального и общественного. Предметы, т. е., казалось бы, чисто физические объекты, будучи преобразованы в деятельности, становятся носителями человеческих отношений. Об этом очень хорошо сказал К. Маркс: «*Предмет* как *бытие для человека*, как *предметное бытие человека*, есть в то же время *наличное бытие человека для другого человека*, его *человеческое отношение к другому человеку*, *общественное отношение человека к человеку*» [1, т. 2, с. 47].

Именно с уровня отношений между предметами, средствами и субъектами, включенными в единый производственный процесс, необходимо, например, начинать моде-

лирование социально-психологических явлений, особенно структуры коллектива. Не случайно В. И. Ленин в «Философских тетрадях» обратил особое внимание на приведенное выше высказывание К. Маркса и подчеркнул его значение: «Это место характерно в высшей степени, ибо показывает, как Маркс подходит к основной идее всей своей „системы“, да будет позволено так сказать, — именно к идее общественных отношений производства» [2, т. 29, с. 16].

На примере математического моделирования социально-психологической структуры коллектива особенно четко просматривается, что недостаточное внимание к системности психических явлений ведет к однобокому описанию, когда-либо преувеличивается значение «чисто» психологических факторов (эмоций, чувств), что особенно часто встречается в работах психотерапевтов, либо основное внимание обращается на физические параметры (распределенность в пространстве, временна́я упорядоченность действий), что характерно для инженерных психологов [36].

По существу приведенные выше методологические положения имеют совершенно четкое значение для математической психологии как конструктивные требования и указания к построению математических моделей. Вместе с тем эти положения служат основой для *выявления психологического содержания* моделей и математических теорий, поскольку позволяют соотнести очерчиваемый ими предмет с системой деятельности и психическими функциями в ней.

Понимание соответствующих требований отличает лучших специалистов в области математического моделирования психики. Так, один из представителей этого направления Г. Паск следующим образом обозначил свою позицию по проблеме моделирования: «Используемые при кибернетических рассуждениях редукционистские объяснения поведения и мыслительной деятельности человека совершенно отличны от (по моему убеждению, ошибочных) механистических объяснений, в которых человек рассматривается лишь как мешок, наполненный ассоциациями и реакциями. Если несколько утрировать точку зрения примитивного бихевиоризма, человека следует рассматривать как „нечто“, реагирующее на стимулы. В противоположность этому в кибернетических теориях психологии человек предстает как „некто“ интерпрети-

рующий, намеревающийся и предвидящий» [172, с. 14, 15]. Сходные идеи высказывает и Н. Хомский, один из ведущих специалистов в области формализованного описания языка и мышления [242].

Однако для Г. Паска, Н. Хомского, Г. Франка [280] и других специалистов в области математической психологии преодоление ограниченности бихевиоризма, с одной стороны, и ментализма — с другой, видится как дополнение этих крайних позиций одним или несколькими частными положениями, относящимися к диалектике отношений физического и психического в деятельности. В последнее время такое дополнение реализуется введением понятия «цель». Между тем необходимо целостное, системное рассмотрение человеческого бытия.

Дальнейшему рассмотрению структуры функциональных планов описания человеческого бытия необходимо предпослать небольшой терминологический разбор.

Выше мы отметили *необходимость введения некоторой системы, объединяющей различные функциональные аспекты бытия*. Зачастую эта система обозначается как деятельность, и мы также пользовались этим термином. Иногда мы говорили о функциональной целостности.

Однако термин «деятельность» нельзя признать удовлетворительным, так как он совмещает в себе много разных понятий. А. Н. Леонтьев говорит и о деятельности как системе, и об отдельных деятельностях.

С. Л. Рубинштейн, обсуждая проблемы системного анализа человеческого бытия, сформулировал понятие способа существования. Ход рассуждения был таким:

1) Исходное положение, *тезис*: «Природа выступает как движущаяся материя, бытие выступает как объект физики» [194, с. 293]. 2) *Антитезис*: Однако только такое понимание природы «приводит к тому, что общественная жизнь и история человека выпадают из бытия» [194, с. 293]. 3) *Синтез*: Поэтому исходное положение должно быть преобразовано, поскольку «общественная жизнь выступает как способ существования человека, который в то же самое время выступает и как природное существо» [194, с. 293, 294].

В приведенных рассуждениях легко заметить, что понятие способа существования объединяет и физический, и функциональный планы бытия. Поэтому оно не может быть использовано для обозначения единства собственно функциональных планов.

Термин «функциональная система» П. К. Анохин применил для обозначения достаточно жесткой конструкции, которая не охватывает всех аспектов психики.

Чтобы терминологически разделить два несовпадающих понятия: 1) деятельность в широком смысле, деятельность как система и 2) особенная деятельность, деятельность в узком смысле, которые параллельно и часто в одном тексте используются в научной практике психологов, можно было бы воспользоваться термином «активность», оставив термин «деятельность» для обозначения одного частного вида активности. Например, термином «активность» пользовался Д. Н. Узнадзе для обозначения всей совокупности отношений человека с внешним миром: «Для живого существа . . . характерна активность, т. е. установление определенного взаимоотношения с внешней действительностью. Активность составляет по существу все содержание жизни» [218, с. 366].

Этот термин в необходимом для нас системном смысле употреблял также Н. А. Бернштейн: «Активность выступает как наиболее общая всеохватывающая характеристика живых организмов и систем» [19, с. 329].

Но термин «активность» нельзя также признать удовлетворительным во всех отношениях. Прежде всего под активностью понимают чисто биологическое функционирование. Во-вторых, этим термином подчеркивается одна сторона бытия, именно, активная, тогда как необходимо помнить о возможности пассивного отношения к окружению, что неоднократно подчеркивал К. Маркс. В философско-психологическом плане отношение активности и пассивности было исследовано Р. Ф. Абульхановым [3] и К. А. Абульхановой-Славской [4]. Имплицитно наличие категории пассивности в противоположность активности и деятельности признает также А. Н. Леонтьев, характеризуя возможные пути становления личности: «Личность не может развиваться в рамках потребления, ее развитие необходимо предполагает смещение потребностей на созидание, которое одно не знает границ» [131, с. 226].

Чтобы изучать процесс «смещения потребностей», мы должны представить в явном виде оба аспекта бытия: и активный, и пассивный. К. А. Абульханова-Славская совершенно справедливо сопоставляет им два процесса, подробно исследованных К. Марксом: опредмечивания и распредмечивания соответственно [4, с. 145].

Двунаправленность деятельности отмечает также

М. С. Каган: «Деятельность может быть производительной и потребительской, выступая в одном случае в форме опредмечивания, а в другом — в форме распредмечивания» [106, с. 47]. При всей важности различения в парадигме «активность — пассивность» все же необходимо подчеркнуть одновременность присутствия обеих членов парадигмы в любом акте деятельности. Поэтому, по-видимому, придется примириться с терминами типа «потребительская деятельность» или «пассивная активность», осознавая различие деятельности (активности) в широком и узком смысле.

Более существенным нам представляется необходимость терминологического разведения активности как функциональной характеристики живого и деятельности как специфической особенности человека. Традиция подобного различения восходит к Аристотелю [13] и может быть прослежена даже ранее [71].

Здесь приходится также оговориться и напомнить, что иногда пара терминов «активность — деятельность» используется в ином содержательном противопоставлении. С. Л. Рубинштейн отмечал: «В психологии сплошь и рядом говорят о психической деятельности, отождествляя, по существу, деятельность и активность». И приводил поясняющий пример: «Мышление как процесс для нас активность, а не деятельность» [192, с. 99].

В психологии под активностью иногда понимают динамическую характеристику человека, такую, например, как активная личность. В подобных случаях говорят об активности в деятельности, об интеллектуальной активности и т. п.

При подобной терминологической неточности невольно приходится вспоминать о достоинствах математических обозначений, которые не имеют ограничений в дифференциациях.

Проблема разграничения форм активности эквивалентна задаче дифференциации функциональных аспектов формы человеческого существования.

Формы активности, наличествующие в некоторый момент истории, отражают в свернутом, преобразованном виде предшествующие этапы развития.

Будучи живым существом, человек выполняет ряд простейших функций, непосредственно связанных с обменом веществ; в совокупности эти первичные функции образуют *фитактивность*. Понятие фитактивности отражает

такую форму отношения к окружающему миру, которая в исключительной мере свойственна растениям, тогда как у высших организмов почти незаметна, хотя, разумеется, образует необходимую жизненную основу. Фитактивность становится одним из аспектов психологического исследования только в длительных, многодневных испытаниях, когда приходится учитывать нарушения обмена веществ, а также при изучении психосоматических процессов.

Возникновение фитактивности было первым шагом на пути становления психики.

Взаимодействие с внешним миром, которое сопровождается простейшими процессами управления и координации, формирует реактивность. Понятие реактивности объединяет такие виды активности, которые более всего свойственны животным и описываются в схемах условного или безусловного рефлекса, функциональной системы, обратной связи. Реактивность является преимущественно предметом физиологического исследования.

К. Мегрелидзе полагал, что на нижних уровнях активности возможно только потребление: «Животные и растения являются *только лишь потребителями* того, что дает природа, или же сами служат объектами потребления других организмов природы» [153, с. 32].

Однако с таким утверждением трудно согласиться. По-видимому, потребление как абсолютная пассивность свойственна только неживой природе. Живому организму присуща избирательность, что предполагает зачаточную действенность. Появление активности хотя бы в форме избирательности изменяет отношения двух тел, превращая одно из них в объект, а другое — в субъект; при этом физическое взаимодействие приобретает первый признак активного отражения.

Д. Н. Узнадзе выделял два вида реактивности: потребление и обслуживание. Потребление как форму активности он характеризовал следующим образом: «Та примитивная активность, когда вопрос ставится относительно процесса самого удовлетворения потребности, а не добывания средств, которые нужны для этого, известна под названием потребления, и мы видим, что она осуществляется без участия сознания, в виде инстинктивных актов» [218, с. 368].

При затруднениях выполнения акта потребления возникает «новая форма активности», которая в силу своей вторичной обусловленности была названа Д. Н. Узнадзе

«обслуживанием»: «Обслуживание является обычной формой нашей повседневной активности» [218, с. 370]. Вместе с тем Д. Н. Узнадзе подчеркивал, что обслуживание, как и потребление, не может быть объяснено ни механизмом условного рефлекса, ни другими подобными механизмами: «Здесь мы имеем дело с настолько сложной формой активности, что сегодня и думать нельзя серьезно о попытке ее механического объяснения» [218, с. 371].

Фитактивность и реактивность (во всех формах) служат фундаментом человеческого бытия. Они не являются исключительной характеристикой человека, но свойственны всему живому; их можно объединить одним понятием биотической активности.

Сознательное отношение к внешнему миру, включающее активное отражение свойств предметной действительности и формирование своего отношения к окружению, составляет третий вид активности: деятельность. Совместное овладение природой, разделение труда привели к необходимости постоянного осознанного взаимодействия людей между собой, что в совокупности сформировало такой вид активности, как общение.

Последующее разделение труда привело к возникновению опосредованной формы сознательной активности — к познанию.

Тем самым на уровне индивидуальной сознательной активности мы выделяем, вслед за Б. Г. Ананьевым [9] и Б. Ф. Ломовым [141], три основные формы: деятельность, общение, познание.

Деятельность, общение и познание являются прерогативой человека и характеризуются прежде всего активным, конструирующим участием сознания [159].

Уже при самом общем разграничении функционального плана человеческого существования необходимо учесть отношения физического и функционального.

Перечисляя выше три формы активности (фитактивность, реактивность, сознательная активность), мы молчаливо предполагали, что их субъектом будет один человек, но это уже выход за пределы чисто функционального описания. Наряду с индивидуальными формами активности мы должны рассмотреть и такие, субъектом которых становится ассоциация, группа индивидов.

Объединение (биоценоз) индивидов на биотическом уровне активности приводит к образованию биоценотической активности.

На уровне, соответствующем сознательной активности отдельного индивида, мы должны расположить социальную активность.

Трем формам индивидуальной сознательной активности можно поставить в соответствие некоторые формы социальной активности.

Например, коллектив на производстве реализует ряд функций, которые входят в систему деятельности социума, что является одной из форм социальной активности, а именно той из них, которая как бы обращена к природе. Наряду с этим может существовать «производственное общение», т. е. такая форма социальной активности, которая актуализируется в общении участников, например, в организационных системах. Социальная активность в форме общения реализуется преимущественно в искусстве, в художественной активности общества, политике.

В равной степени можно говорить о социальном познании, которое воплощено в науке.

Каждый из видов активности имеет свою *структуру* актов, действий, событий. В то же время они тесно соподчинены и все вместе образуют единую архитектуру активности, представленную в следующем виде:

биоактивность	индивид фитактивность реактивность	ассоциация активность биоценоза
сознательная активность	деятельность общение познание	социальная активность

Детально формы связи между разными видами активности исследованы неравномерно. Если биотическая активность изучена достаточно подробно, то деятельность — несравненно меньше, хотя можно отметить ряд концепций, из которых наиболее развита психологическая теория деятельности А. Н. Леонтьева. Исследования общения практически только начинаются, что отмечает Б. Ф. Ломов: «Если в отношении индивидуальной *деятельности* сформулированы принципы и подходы к ее изучению, разработаны схемы ее анализа и способы описания, то в отношении общения пока дело ограничивается лишь весьма общими положениями» [141, с. 128]. Еще в мень-

шей степени, за редкими исключениями, осознается и исследуется социальная активность, которую мы сегодня знаем в форме конкретной воплощенности в деятельности отдельных индивидов или как набор частных сведений из жизни общества.

Показанное на рис. 2.1 пространственное разграничение видов активности является условным; нельзя сказать, что в этой точке реального пространства мы наблюдаем биотическую активность, а в другой — социальную. Однако пространственная неоднородность физического мира приводит к появлению характерных особенностей активности в разных областях пространства, что в сочетании с физическим различием объектов деятельности, партнеров общения и т. п. позволяет выделять определенные сферы активности: производственную, семейную и другие. Понятие сферы активности объединяет как пространственно-временные, так и функциональные характеристики.

Особые формы активности возникают в том случае, когда объект и субъект воплощены в одном физическом объекте (теле); активность как бы замыкается на себя. В этом случае мы говорим о личной деятельности и личном общении в противоположность предметной деятельности и межличностному общению. Активность ассоциации в случае замыкания будет обращена на биоценоз (биологическую целостность) или социум (общество).

Объектом индивидуальной активности может стать ассоциация, и, напротив, активность ассоциации может быть обращена на отдельного индивида.

Напомним, что функциональные характеристики не являются неотъемлемым свойством физического объекта. В частности, вид активности не определяется однозначно свойствами его элементов. Необходимо учитывать всю совокупность процессов и структур, реализующих активность. Так, из того факта, что в активность включены два человека, вовсе не следует, что они находятся в общении; каждый из них может рассматривать другого как простой объект, проводя соответствующую предметную деятельность, или как средство в осуществлении личной деятельности. Возможны даже такие ситуации, когда человек наделяет неживое физическое тело психическими чертами и общается с ним. В этом смысле часто говорят об общении человека и ЭВМ.

В структуре активности мы различали три компонента:

субъект, средства и предмет. При этом все элементы активности получают свое функциональное значение в зависимости от вида активности. Если речь идет о фитактивности, хорошим воплощением которой является растительный мир, то объектом воздействия будет среда. В случаях реактивности и деятельности можно говорить о конкретных предметах и телах. Общение обращено к партнеру. Объектом активности ассоциации может стать весь окружающий мир.

С. Л. Рубинштейн отмечал, что для каждой «формы существования» необходимо определять ее собственное пространство и время. Продолжая эту мысль, он писал: «То же самое относится и к детерминации, которая имеет свою качественную специфику применительно к разным уровням бытия» [194, с. 295].

Итак, мы отметили наличие двух планов человеческого бытия: первичного (физического) и вторичного (функционального). В свою очередь, функциональный план предстает как собственно функциональный в отношении физических тел и активностный в отношении живых существ. Мы выделили три основных вида индивидуальной активности: фитактивность, реактивность, сознательная активность, а также отметили различие активности биоценоза и социума. Сознательная активность, в свою очередь, представлена в трех формах: деятельность, общение и познание.

Сочетание материально-физических и функциональных характеристик определяет различные сферы активности: производственную, семейную и пр.

Указанными формами не исчерпывается богатство активности, в равной степени отношения между уровнями не исчерпывается комбинаторикой функционального и физического.

Между различными уровнями, которые первоначально выделяются как планы описания, устанавливаются сложные функциональные отношения.

Регулятивный характер отношений между уровнями А. Н. Леонтьев подчеркнул в следующей формуле: «*Общий принцип, которому подчиняются межуровневые отношения, состоит в том, что наличный высший уровень всегда остается ведущим, но он может реализовать себя только с помощью уровней нижележащих и в этом от них зависит*» [131, с. 233].

Однако здесь представлен только один из возможных механизмов взаимодействия уровней, который можно считать применимым для отношений между биотическими уровнями (фитактивность и реактивность) и уровнем сознательной активности. До некоторой степени этот механизм проявляется в отношениях между индивидуальным и социальным, но только с учетом влияния физического уровня.

По существу одной из задач физиологии как науки является поиск механизмов связи деятельностного и реактивностного.

В равной степени и задача социальной психологии состоит в анализе связей между индивидуальным и общественным. Подобно тому, как М. Месарович и др. дифференцировали системы по слоям и эшелонам, в этой форме взаимовлияния уровней можно выделить координацию (согласование) и формирование (обучение).

Другой важнейшей формой отношений между уровнями является взаимный переход: редукция от высшего к низшему или развертывание простейшего в сложное, что особенно характерно для отношений сознательного и бессознательного.

Специфическое отношение индивидуальной и социальной форм активности выступает в психологии как проблема включенности человека в социальную деятельность.

Итак, математические модели психического должны учитывать многоуровневость человеческой активности.

В практике моделирования особенно часто упускается из виду взаимодействие психического и социального, разумеется, с целью упрощения изучаемого явления. Корректное прослеживание взаимосвязи двух классов понятий возможно в ситуации, которая требует одновременно и социального, и психологического описаний. Хорошим примером может служить деятельность производственного коллектива: она достаточно формализована, определена функционально, непосредственно включена в социальную деятельность.

4. Операционная структура активности

Человек принадлежит к определенному обществу, и без учета социальных норм, правил, ценностных ориентаций, в русле которых осуществляется сознательная

активность, невозможно построение адекватных моделей действий и поступков человека. Человек в своих действиях следует правилам, его работа обеспечивает ему существование. Тем самым активность человека неразрывно связана с трудом и не менее сложна и многообразна, чем труд.

«Потребление и обслуживание,— писал Д. Н. Узнадзе,— встречаются и в инвентаре активности животного, но существует и такая форма активности, которая присуща только человеку: таковой в первую очередь является труд» [218, с. 373].

Как труд на производстве, так и частная жизнь человека не могут быть отнесены к какой-либо одной специфической форме активности, но представляют собой сложную систему различных форм, структура которой определяется и внешними условиями, и личным отношением субъекта к выполняемым действиям, и другими факторами. Некоторые аспекты этой системы отношений мы сейчас рассмотрим на примере деятельности человека в производственном коллективе.

Неопределенность сочетания различных форм в системе активности человека вызывается прежде всего невозможностью однозначно запрограммировать все его поступки. Даже в самой подробной производственной инструкции нельзя передать исчерпывающее описание всех функций и действий. Поэтому обычно используется упрощенное описание активности как системы операций. Заданную в правилах и требованиях общества последовательность операций назовем заданием или нормой активности. Операция — это условное схематическое отображение ограниченной во времени совокупности процессов, протекающих в объекте, средствах и субъекте активности. При этом описание самих процессов опускают, а отмечают только начальные и конечные состояния компонента активности, сопровождая их оценкой качества и эффективности выполнения операции [88].

Операционному описанию присущи следующие особенности. Во-первых, операция как единица описания может использоваться при любой дискретизации времени, пространства и функций (системность). Во-вторых, операции употребляются в социальной деятельности, разворачивающейся по поводу задания, при сопоставлении и описании результатов (прагматичность). Наконец, в сознании отдельного человека и всех членов общества активность отражается в свернутой форме своими ре-

зультатами, эффективностью, внешними и внутренними характеристиками, т. е. именно как совокупность операций (рефлексивность).

Вычленение операций, степень дробления активности на операции определяются, с одной стороны, представлениями, сложившимися в обществе, к которому принадлежит человек, а с другой — целями и возможностями исследователя деятельности.

Важная особенность операции — известная законченность, завершенность составляющих процессов, что приводит к относительной устойчивости начального и конечного состояний. Некоторый принятый набор операций определяет временной масштаб, среднюю продолжительность операции, но в любом конкретном случае время выполнения операции может широко варьировать.

В силу единства материального и функционального каждая операция характеризуется дополняющими друг друга множествами внешних и внутренних признаков. В число внешних входят параметры места, момента и продолжительности операции. Функциональные особенности процессов, протекающих в ходе выполнения операции, образуют множество внутренних признаков. В соответствии с компонентным составом активности для каждой операции указывается субъект, средства и объект. Для описания активности особый интерес представляет систематизация операций в зависимости от принадлежности к общему субъекту. Итак, сложнейшую систему активности человека мы рассмотрим при двух упрощающих предположениях: 1) индивидуальная деятельность на производстве; 2) описание ее с помощью операций.

Совокупность выполняемых человеком операций с близкими внутренними свойствами объединяется в понятии *социальной роли*, которое удобнее всего разъяснить на примере деятельности производственного коллектива.

Если выделить некоторый реальный объект, поступающий в производство, и проследить его преобразования, то легко можно построить последовательность операций, которым он подвергается; эту последовательность назовем операционным процессом.

В известном смысле понятие операционного процесса является обобщением понятия технологического процесса, который относится только к преобразованиям объекта. В другом смысле операционный процесс оказывается абстрактным представлением технологического

процесса, так как входящие в его состав физические процессы только называются, но не описываются.

Зачастую в один дискретный момент времени некоторый объект подвергается действию сразу нескольких операций, которые можно обозначить термином аккорд. Система операций, относящаяся к одному объекту или связанной группе объектов (изделию), называется шаблоном или заданием.

В качестве средства схематического описания временных и объектных связей в системе операций широкое распространение получили сетевые графики.

Подойдем к систематизации операций со стороны субъекта. Совокупность операций, выполняемых одним индивидом или группой, назовем операционным потоком.

Поскольку в каждую операцию как элементы входят и объект, и субъект, то фактически деятельность коллектива развертывается в фазовом пространстве, координатные оси которого составляют операционный процесс и операционный поток.

Хотя процессуальные аспекты активности, как отмечалось выше, в операции не представлены, однако они могут служить для идентификации операций с тождественными внутренними свойствами. Для описания производственной структуры коллектива нам необходимо выявить функциональную специфику тех субъектных процессов, которые реализуют операцию. Например, работа машинистки практически не изменяется от свойств объекта, т. е. от характера печатаемого текста: приказ, деловое письмо, научная статья.

Выделим в операционном процессе подпоследовательности операций с тождественными или близкими внутренними субъектными свойствами; каждую такую подпоследовательность назовем производственной позицией. При этом одномерный операционный процесс перейдет в двумерную структуру производственных позиций. Если выделить тождественные операции в операционном потоке, то мы получим структуру производственных ролей.

Приближенно понятие производственной роли можно интерпретировать как производственную специальность, а понятие соответствующей производственной позиции как перечень обязанностей данного специалиста в отношении к объекту деятельности.

Понятия роли и позиции являются системными в том смысле, что они приобретают конкретное содержание

только в рамках заданного набора операций и принятого способа установления внутренних свойств. Первичная произвольность вычленения операции ведет к неопределенности представления активности в форме системы позиций и ролей, которая снимается в ходе эволюции социальной активности. Действительно, наличие позиций и ролей предполагает существование индивида или коллектива, способных взять на себя их реализацию. Следовательно, здесь осуществляется как бы замыкание системы социальной деятельности и отдельной операции, входящей в систему активности индивида (или группы). С одной стороны, выбор операции обусловлен спецификой субъектных процессов, а с другой — принятыми в обществе социальными ролями, к которым подготавливается каждый человек. Иными словами, профессия исполнителя характеризует операцию, а выделенный набор операций определяет специалиста. Тем самым выбор совокупности позиций и ролей является чрезвычайно важной (в смысле производственной эффективности) задачей, решаемой либо в процессе социально-технической эволюции методом проб и отбора наилучших комбинаций, либо в процессе осознанного системного проектирования, которое стало возможным благодаря научно-технической революции. В результате решения этой задачи операция из единицы описания активности, принимаемой исследователем, превращается в социальную сущность, выявляемую социологией.

Процесс культурно-исторического формирования операции как социальной сущности можно назвать филогенезом операции, противопоставляя его онтогенезу как процессу освоения операции конкретным человеком. Операционное описание является первым шагом на пути моделирования деятельности производственного коллектива.

Члены одного коллектива тесно связаны между собой в едином операционном процессе общностью объектов социальной деятельности. Наряду с выполнением операций, направленных непосредственно на объект, коллектив участвует в ряде операций управления. Действительно, любая человеческая активность основывается на информации о текущем состоянии объекта, средств и самого субъекта, на оценке эффективности прошлых действий, на прогнозах о возможных результатах в будущем и проистекающей отсюда взаимной координации отдельных операций.

Вместе взятая совокупность информации, оценок, прогнозов и согласований формирует *особый план активности*, который можно назвать *управлением в широком смысле слова*.

Казалось бы, процессы управления включены в состав операции, более того, именно они делают возможной ее реализацию. Это верно в отношении активности индивида, однако в структуре социально-производственной активности произошло выделение некоторых операций управления в качестве самостоятельных.

Прежде чем детализировать управленческую структуру применительно к деятельности производственного коллектива, необходимо провести определенные понятийные разграничения. В традиционной кибернетике функции управления и регулирования имеют тождественное содержание. Более того, когда на языке кибернетических моделей описывается функция руководства, то она практически совпадает с первыми двумя. Между тем в психологии за каждым из трех терминов, когда их используют в специальном, узкоопределенном значении, стоят весьма различные понятия.

Сравним функции оператора, регулирующего процесс химического синтеза, с работой главного инженера, направляющего производственную деятельность предприятия, или директора, обеспечивающего выполнение плановых заданий. В рамках модели обратной связи — основной кибернетической схемы — все три специалиста заняты выявлением отклонений в процессе и приведением параметров к заданным значениям.

Для использования этой модели совершенно несущественно содержание объектных процессов и регулируемых параметров: полимеризация и температурный режим, сборка станков и запас деталей, объем реализованной продукции и активность рабочих — во всех случаях схема обратной связи (или ее модификации) дает один управляемый процесс.

Однако интуиция любого опытного руководителя подсказывает, что в каждой из трех названных ситуаций мы имеем совершенно различные формы активности. Оператору, например, не приходится наказывать прогульщиков, начальник цеха не всегда способен заменить оператора за его пультом, директор не имеет времени вникать в технологические тонкости производственного процесса.

Психологический анализ позволяет уточнить интуицию

и дифференцировать формы активности этих людей. Все операции, выполняемые оператором химического реактора, относятся к объекту активности, в данном случае к реагирующей смеси, но опосредованно, через объекты-знаки. Здесь мы наблюдаем преимущественно реализацию функции регулирования. Объектом активности главного инженера являются не физическое тело и не знаки, но операции или их совокупности: операционные потоки и процессы. Соответствующую функцию мы назовем управлением в узком смысле; воплощенность элементов операции в материалах, оборудовании, персонале овеществляет активность управляющего. Директор, как правило, выходит за пределы собственно социально-производственной деятельности, и его воздействие на коллектив затрагивает личную активность сотрудников; в число его задач входит формирование целей, мотивов, устремлений коллектива в целом и отдельных членов. Среди обязанностей директора ведущей оказывается функция руководства.

Итак, операции управления в широком смысле дифференцируются о трем специфическим функциональным процессам: регулирования, управления в узком смысле и руководства.

Соответственно трем указанным функциям могут быть построены три типа иерархических структур: операторы подчиняются старшему диспетчеру и т. д., начальники цехов — главному инженеру завода и т. д. вплоть до главного инженера ведомства. В чистом виде такие структуры не реализуются.

В практике управления зачастую некоторые из трех функций оказываются прерогативой одного лица, особенно на низших ступенях управления. Поэтому начальник цеха одновременно входит и в иерархию управления, подчиняясь главному инженеру, и в иерархию руководства, подчиняясь директору. Иногда одна управленческая операция выполняется группой лиц (пример: аппарат директора).

Для крупномасштабного производства характерна подробнейшая детализация функций управления. Так, в соответствии с фазами развития деятельности, например, появляются операции планирования, отбора и обучения персонала и др.

Итак, мы выявили ряд функций управления в отношениях между операциями как целостностями, что привело

к трем типам иерархических структур. В пределах одного уровня иерархической соподчиненности могут быть установлены горизонтальные связи.

На основе функциональных отношений между элементами операций образуется особый тип структур, которые дополняют основные управленческие структуры. На уровне субъектов возникают отношения функционального совершенства, копирования; между объектами могут складываться отношения приоритета, взаимозамещения; между средствами наиболее существенным является отношение универсальности, замещаемости.

Наряду со структурами управления деятельность производственного коллектива может быть представлена в структурах синтаксических отношений, которые возникают, когда одна операция (задание) разлагается на составляющие или группа операций синтезируется в одну. Здесь возникают отношения принадлежности к целому и другие отношения. Мы их рассматривать не будем.

Завершая краткое описание возможных структур управления производственной деятельностью, мы считаем необходимым вновь напомнить о синтезе всех функциональных аспектов в едином материальном субстрате деятельности. Участок заготовок не меньше влияет на работу последующих обрабатывающих участков, чем распоряжения начальника цеха. Рабочий, выполняющий операцию обдирки, как бы управляет деятельностью токаря, проводящего чистовую обработку, определяя качество и производительность труда последнего. В этом смысле мы говорим об определяющем влиянии структуры производственных позиций на все другие структуры.

Анализируя социально-производственные структуры, нам приходилось говорить о лицах, которым поручаются производственные роли. В дальнейшем мы специально займемся проблемой актуализации социальной деятельности в активности членов производственного коллектива, иными словами, проблемой *персонификации социально-производственных ролей*. Речь пойдет о том, как выполнение индивидом производственной операции перерастает в предметную деятельность. Нам придется затронуть проблему личной, эгоцентрической деятельности, объектом которой является человек — исполнитель роли субъекта. В дальнейшем мы обсудим особенности процессов общения между участниками общего дела.

Субъект операции — это абстракция. Субъектное объединение операций — первый шаг на пути от абстрактного к конкретному. После того как производственную позицию занимает определенное лицо или группа лиц, когда появляется исполнитель роли — отдельный производственник или коллектив, можно говорить о дальнейшей субъектной конкретизации описания.

Обычно изучение социально-психологических аспектов производственной деятельности начинают сразу с этапа представленности в деятельностях социальных личностей, что ведет к неполному раскрытию структуры материально-производственных отношений между членами коллектива и затрудняет оценку взаимного влияния производственной и личной сфер бытия коллектива. Анализ структуры социально-производственной деятельности как результата конкретизации субъектных отношений, заданных операциями, позволяет заложить фундамент для построения моделей всех остальных форм активности.

Во всех случаях одновременно с конкретизацией субъекта операции, с присвоением производственной роли конкретному лицу к социально-производственной деятельности подключаются все виды активности человека. Прежде всего в индивиде операции создают базу для индивидуальной деятельности, которая дифференцируется на предметную и личную (эгоцентрическую) формы деятельности.

Предметная деятельность индивида направлена на преобразование внешних объектов. Выполнение производственной операции может, в принципе, осуществляться на уровне реактивности; особенно часто такое явление наблюдается при выполнении операций в поточном производстве, на конвейере: все движения совершаются как бы автоматически, бездумно. Операция превращается в индивидуальную деятельность в том случае, когда к процессу ее выполнения подключается сознание. В предметной деятельности сознание выполняет прежде всего конструирующую функцию, создавая у человека способы овладения предметом; кроме того, сознание выполняет функцию выделения существенных признаков предмета, квалификации пространства и времени, т. е. придает объектам внешнего мира деятельностное значение.

Анализируя особенности человеческой активности, Д. Н. Узнадзе отмечал, что эффективное выполнение порученного задания, сознательное отношение к инструк-

ции (и в труде, и в эксперименте) возможно только при участии такой формы внутренней активности, как воля, благодаря действию которой человек направленно предуготовляет себя к работе. «Труд подразумевает совершенно иной вид активности, который имеет силу действовать без актуальной потребности и создавать не зависимые от последней ценности. Таким видом активности является воля» [218, с. 375].

Например, давая испытуемому задание, экспериментатор надеется на его сознательное, волевое отношение. Между тем эти надежды оправдываются далеко не всегда и для их реализации необходимо выполнение ряда требований. Д. Н. Узнадзе следующим образом характеризует специфические свойства активности, сопровождающиеся участием воли: «... а) в случае воли импульс актуальной потребности никогда не вызывает действия... б) в случае воли происходит объективация входящих в процесс активности моментов: „я" и поведение; „я" противостоит поведению; в) волевое поведение не является поведением, протекающим в настоящем, оно будущее поведение: воля проспективна; г) это будущее поведение со стороны „я" заранее предусматривается, и его реализация зависит от „я": воля всецело переживается как актуальность „я"» [218, с. 378].

В математическом моделировании особое значение приобретает различение реактивности, непосредственной импульсивной активности в ответ на последовательность символов, и осознанного отношения к ситуации, на основе которого принимается прогностическое решение. Здесь большую пользу могут принести замечания Д. Н. Узнадзе о том, что волевая активность сопровождается рефлексивным осознанием, что в актах воли субъект и его деятельность противостоят друг другу: субъект дан не в деятельности, а как бы вне ее. Для участия воли в построении поведения характерна объективация «я», что находит отражение в переживании и самосознании субъекта: «Воля переживается как активность „я" или „я" переживается в воле активным, действующим» [218, с. 376].

Воля (подобно обслуживанию) представляет собой форму вторичной активности, благодаря которой развертывается система предметной деятельности. Вместе с тем присутствие воли как потенциальной способности к развертыванию определяет предметную деятельность как таковую.

К сожалению, в настоящее время не разработаны критерии «включенности» человека в операцию. Соответствующие параметры отсутствуют и в математических моделях. Весьма далеким приближением является параметр «направленность» в имитационных моделях [84]. Сегодня мы не имеем способов отбраковывать такие ситуации, когда задание превращается для исполнителя в неприятную обязанность. Этот случай Д. Н. Узнадзе обозначает термином «принудительная активность» и отмечает, что «принудительная активность представляет своего рода предшествующую ступень для воли: она приучает человека делать то, что не имеет ничего общего с актуальными желаниями» [218, с. 419].

Д. Н. Узнадзе выделяет и другие формы активности. В качестве одной из них, по мнению Д. Н. Узнадзе, «следует назвать внушение». Эта активность возникает в том случае, когда «человек помимо своей воли неосознанно подчиняется приказу другого лица и выполняет его» [218, с. 415]. В условиях производства такая форма активности не встречается, но она может представлять интерес при моделировании экспериментальных и психотерапевтических ситуаций. В качестве примера можно указать на недавние исследования Л. С. Хачатурьянца, Л. П. Гримака и Е. В. Хрунова [241].

Д. Н. Узнадзе в проблеме сознательности действия выделяет прежде всего конструирующую созидающую роль сознания; сознание как представитель социального в субъекте готовит его к действию, социальному в своей основе. Мы видим, что за термином «сознание» подразумеваются весьма различные понятия и категории.

Есть сознание в философском смысле как ставшее познание общества и сознание как процессуальная конкретность в психологии. Кроме того, понятие общественного сознания имеет специфическое значение в социологии, а понятие коллективного сознания — в социально-психологической теории коллективов. Д. Н. Узнадзе подчеркнул собственно психологический аспект. Причем и в психологии смешивают сознание и познание, особенно когда речь идет об осознании, где построение субъектом некоторого ранга рефлексии (новая ступень осознания) не означает, что субъект выполняет сознательное действие. Второе совмещение допускают, когда говорят о сознательности как критерии и форме субъективности (в раннем интроспекционизме).

Структура предметной деятельности индивида в свернутой, интериоризованной форме воспроизводит структуру социальной деятельности, однако здесь присутствуют только функции регулирования и управления, которые представлены как знание и деятельное осознание личности. В сознании дана общая схема деятельности, шаблон, последовательность микроопераций, ведущих к выполнению производственной операции, конечное состояние которой выступает как цель предметной деятельности.

Участие сознания в деятельности проявляется также в развертывании ее структуры при возникновении непредвиденных условий или трудностей выполнения операций. Так, появление непривычного шума в двигателе мгновенно вызывает у пилота самолета сложную цепь умозаключений и пробных действий с целью поиска причины шума. При этом могут создаваться и включаться в работу все виды структур управления, развертываясь во внутреннем плане в различные иерархические структуры. Особенная роль в ходе внутреннего развертывания операций принадлежит функции управления (в узком смысле), которая осуществляет деятельное осознание, рефлексию новых операционных структур и их координацию.

Ранее отмечалось, что в операции процесс деятельности не представлен в явном виде; в лучшем случае он только называется.

Персонификация, присвоение ролей отдельному человеку позволяет охарактеризовать выполняемые им операции не только по процессу преобразования объекта, но и по психическому процессу, осуществляющему субъективные функции операции. Благодаря этому любой набор операций можно, в принципе, разбить на операции восприятия, запоминания, мышления, внимания и другие в зависимости от того, какой психический процесс является доминирующим при выполнении операции. Так в операции появляются свойства, привнесенные человеком — исполнителем роли субъекта.

Предметная деятельность имеет свою особую динамику, внутренние силы, которые обеспечивают ее протекание. Они связаны с такой психологической характеристикой, как намерение. Будучи однажды создана, сформулирована, предметная деятельность стремится к своему завершению; перерывы в осуществлении намерения

приводят к возникновению у человека внутреннего напряжения, состояния беспокойства, которое может быть снято либо после возвращения к прерванной деятельности, либо после ее переключения на новый предмет [295].

Таким образом, мы подошли к другому аспекту выполнения операции, который отражает включение операции в систему личной эгоцентрической деятельности человека. Если в предметной деятельности операция развертывается, осознается, приобретает целенаправленность, то в личной деятельности социально заданная операция подключается к системе операций, направленных на индивида. Поскольку активность человека в любом плане бытия может быть представлена в виде систем операций, то сознательное объединение операций, осуществляемое личностью, иногда принципиально отличается от заданного в производственной деятельности.

Остановимся на этом утверждении подробнее. Мы уже отмечали зависимость способа разбиения деятельности на операции от целей исследователя или создателя деятельности, что вело к опасениям об относительности и вариативности операционной системы описания деятельности. Мы, однако, отмечали, что в ходе социально-производственной эволюции общество вырабатывает свои представления о производственных позициях и ролях в форме правил разбиения деятельности на (технологические) операции и регламенте их выполнения (понятие профессии).

Каждый человек, поставленный перед альтернативой выбора одной из двух систем описания, порождаемых им как познающим себя и как создающим себя в качестве социальной единицы, вправе принять любую из них как систему индивидуальной деятельности. Этим актом выделяется единственная «собственная» система деятельности, отличительной особенностью которой является неразрывная связь с самосознанием личности.

Систематизация операций в соответствии с их субъектно-объектным замыканием присваивает им «личный» смысл. Иерархические структуры, возникающие при объединении «личных» операций, служат фундаментом «личной» деятельности. На первом уровне объединения личностно-переосмысленных операций образуются макрооперации, структурным аналогом которых являются задания в производственной структуре или действия психологической теории деятельности А. Н. Леонтьева [131].

В настоящее время отсутствует общая система, объединяющая производственную и личностную стороны деятельности. В существующих представлениях оба аспекта представлены синкретически. Например, в теории А. Н. Леонтьева понятия цели и мотива связаны в единой иерархии отношением соподчиненности. Однако в понятии цель более отчетливо представлена внешняя, в рассматриваемом случае — предметная компонента, а в понятии мотива — личностная компонента, отображающая замыкание цели на субъекта. По фактическому употреблению этих понятий в каждом из них сливаются два понятия, взятые из систем личной и предметной деятельностей.

Рассмотрим пример. Пусть в процессе изготовления станка установлен ряд операций взаимной подгонки узлов, чем определяется роль слесаря-наладчика. Операции наладки формируют соответствующую производственную позицию, входят в операционную структуру сборки станка и определяют систему производственных отношений рабочих. В сознании слесаря операции наладки могут развертываться в систему целенаправленных действий, порождать интерес к содержанию процессов сборки, к накоплению необходимых знаний и, в пределе, к творческому отношению к делу. Те же операции могут входить в систему действий, направленных на удовлетворение личных, эгоистических потребностей. Работа по сборке будет лишь средством реализации личной деятельности.

Несмотря на тождество выполняемых операций, в в каждом из этих случаев формы деятельности исполнителей будут существенно различаться. Соответственно разным должен быть подход к конкретному человеку, выполняющему заданный набор операций. Если в первом случае функции руководителя производства должны быть направлены на подкрепление заинтересованности, на создание условий проявления творческого отношения к делу, то во втором случае лучше действует система материального стимулирования.

Мы подошли вплотную к проблеме взаимодействия двух систем деятельности: предметной и личной. Перекрытие этих систем не всегда ограничивается только уровнем социально-производственных операций. Иногда взаимопересечение двух структур может быть более глубоким, и тогда система личной деятельности может стать

«приводным ремнем», двигателем системы предметной деятельности. При построении моделей следует, по-видимому, создавать два плана описания: производственной и личной деятельностей, в которых развертывается психологическое содержание выполняемых операций.

Учитывая многоплановость деятельности человека, мы выделяем разные системы операций. В производственной сфере основной, ведущей системой операций оказывается та, объектом которой служит материал производственной деятельности. Вместе с тем были выделены операции регулирования и управления, т. е. преобразования информации и самих операций. Мы отметили также наличие третьей подсистемы операций, объектом воздействия которых является сам субъект, а точнее, конкретный человек, принявший роль субъекта операции; это — операции руководства, выполнение которых приводит к особой форме отношений между людьми — общению.

Проблема общения приобретает в современной психологии ведущую роль: в общении ребенок подготавливается к жизни, в общении достигаются наилучшие результаты при обучении, в общении формируется деятельность, наконец, общение оказывает непосредственное влияние на протекание психических процессов [142], благоприятное общение в производственном коллективе является одним из существенных факторов роста производительности труда.

Анализ структуры общения необходимо начать с положения о том, что единство материального бытия человека обусловливает единство всех аспектов его активности. Нельзя во времени или пространстве выделить производственные операции, отсеяв их от операций личных. Такими или иными операции предстают в сознании субъекта, исследователя, общества, тогда как в реальности мы имеем слитность всех аспектов. Каждая операция есть не только один из этапов преобразования объекта, но и звено в системе личных отношений исполнителей. Высокое качество обработки детали не только параметр производственного процесса, но и знак уважения к тому человеку, которому предстоит собирать изделие. Поэтому каждое «физическое» событие имеет много интерпретаций, определяемых аспектом рассмотрения.

Общение, как и деятельность, может быть разбито на единицы — операции общения, но их структура будет существенно отличаться от структуры операций пред-

метной деятельности. Во-первых, операции общения имеют иной компонентный состав: два или более субъекта и средства. Во-вторых, операции общения надстроены над предметными и являются их обобщением. Наконец, в общении используются принципиально иные (социальные, конвенциальные) средства, нежели в предметной деятельности. Одной из основных операций общения является коммуникация, т. е. взаимный обмен информацией. Другая операция — взаимное согласование способов действия и внутренних моделей.

В процессе общения партнеры создают представление друг о друге, обмениваются чувствами и удовлетворяют одну из самых человечных потребностей — потребность в общении.

Итак, распределение производственных ролей по индивидам подключает к социальной продуктивной деятельности все сферы бытия человека в силу единства его материальной данности. Мы видели, что персонификация субъектов придает производственным операциям личностный смысл через связь с системой личной деятельности. Кроме того, операции получают в человеке-исполнителе особое психическое бытие.

Наряду с этим совокупность операций, присвоенных индивиду, характеризует, до некоторой степени, его личность и переносит связи между операциями на межличностные отношения.

Расширение смысла операций в результате персонификации ролей изменяет качество личностно-производственных отношений и переводит их в отношения общения.

Различают *формальные и неформальные структуры* активности. Различия между этими структурами производственного коллектива стали ведущей темой большого числа исследований, посвященных моделированию социально-психологических процессов производственного коллектива. Между тем собственно структурные и содержательные аспекты этих различий проанализированы недостаточно подробно. Прежде всего отсутствует единое понимание формальной структуры. В еще большей степени разные исследователи расходятся в трактовке неформальной структуры.

В самом общем виде формальную структуру можно определить как структуру, которая создается направленной деятельностью общества. Она характеризуется

наличием перечня обязанностей и регламента их выполнения для каждого члена производственного коллектива.

Реализация формальной структуры в деятельности коллектива приводит к возникновению неформальных структур, среди которых различаем три основных вида.

Прежде всего различение формального и неформального проводится в связи с ограниченными возможностями любого проекта представить все детали реализации. Вследствие этого структура *производственных* отношений, складывающаяся в конкретном производстве, всегда оказывается богаче, содержательнее любого формального регламента. В процессе производства структура как бы развивается. Например, старший оператор химического цеха, в формальные обязанности которого входит обобщение поступающей информации и выработка оперативных решений (функция регулирования), может взять на себя задачу распределения подчиненных ему операторов по постам контроля в соответствии с их профессиональными возможностями (функция управления).

Иногда в процессе деятельности коллектива возникают производственные структуры, которые в корне отличаются от заданных в проекте. Например, первоначальная схема разделения труда на операции может быть стихийно заменена аккордной системой, где каждый работник выполняет весь цикл операций. Здесь мы наблюдаем замену одной структуры другой.

Чаще всего противопоставление формальной и неформальной структур сводят к различиям между производственной структурой и структурой личных отношений (например, структура взаимных симпатий и антипатий).

Во всех трех случаях, как правило, не различают собственно структурный аспект отношений, отражающийся, в частности, в структуре ролей (производственных или личностных) и аспект персональной воплощенности роли. Без различения этих двух аспектов невозможно эффективное управление и направленное формирование коллектива.

Дело в том, что производственная структура коллектива может в точности совпадать с регламентом, однако распределение производственных ролей между конкретными людьми, образующими коллектив, будет существенно расходиться со штатным расписанием. Функции руководителя порой переходят к подчиненному, а лицо, назначенное на руководящую должность, слепо следует советам других.

Структуры производственных и личных отношений могут, однако, и совпадать (и та и другая построены по иерархическому принципу), но исполнение ролей руководителя производства и личностного лидера будет различаться по своей персональной отнесенности.

Сказанное позволяет уяснить, что нельзя однозначно относиться к факту различия формальной и неформальной структур, как бы оно ни трактовалось. Для первого и второго вида различий основным принципом оценки должна стать производственная эффективность: в какой степени неформальная структура отвечает задачам производства. Иногда целесообразно восстановить запроектированную структуру, в других же случаях полезно подхватить наметившуюся тенденцию к изменению структуры и развить ее.

Различия третьего типа не имеют однозначной связи с эффективностью деятельности коллектива. В редких случаях совпадения персональной отнесенности роли руководителя в системе производственных отношений и роли лидера в системе личных отношений способствует росту эффективности коллектива. Подобно тому как в в рамках производственной структуры бывает целесообразно распределить функции управления между несколькими лицами, так и в смысле соответствия двух структур нет ничего предосудительного, если роли руководителя и личностного лидера будут исполняться разными людьми.

Во всех случаях мы можем говорить о «болезни» коллектива, если отдельные его члены преследуют различные (тем более — антагонистические) цели. По-видимому, в предвидении возможности расхождения направленностей руководителя и личностного лидера целесообразно стремиться к тому, чтобы иерархическая производственная структура сочеталась с паритетной, равномерной структурой личных отношений.

Мы не случайно стремились избегать термина «личность» и чаще всего пользовались термином «индивид» для обозначения конкретного лица, персонифицирующего конкретную функцию активности. Только теперь, кратко описав и тем самым определив в общих чертах основные формы индивидуальной активности, мы можем определить личность как совокупного субъекта всех этих форм активности. Именно как субъекта, т. е. как функциональный атрибут активности, а не как материальное тело —

носителя всех этих функций: в деятельности, в общении, в общественном производстве. Различение этих аспектов описания субъекта, личности, индивида должно постоянно учитываться при построении и интерпретации математических моделей.

5. Проблема единицы описания деятельности

Мы рассмотрели активность как обобщение различных функциональных аспектов жизнедеятельности человека. Соотношение функциональных и физических характеристик дало нам одно из оснований для классификации форм активности, для конкретизации структуры моделей производственной деятельности. Ведущей характеристикой было участие сознания, которым отмечены такие формы человеческой активности, как деятельность, познание и общение. Их исследование невозможно вне социального контекста, поэтому мы в качестве примера выявили формы и структуры активности производственного коллектива, что позволило наметить контуры отношений между различными формами активности и учесть их при построении схемы отношений в коллективе.

Однако мы вывели за пределы анализа основную характеристику — сознание, использовав его только как внешний признак.

К подобному способу рассмотрения вынуждает нас системный подход к анализу явлений, когда приходится во взаимосвязанной саморазвивающейся целостной системе делать как бы разрез, заполнение которого предполагается известным, но фактически осуществляется позднее, т. е. при описании разреза предполагается известным предыдущее. Здесь очень легко скатиться к тавтологии, которой можно избежать только через повторное рассмотрение целого после завершения частных описаний.

С целью сделать анализ возможным, мы обратились к операции — абстрактной характеристике, которая позволила произвести дифференциацию форм сознательной активности без подробного описания роли самого сознания.

Сейчас мы произведем другое ограничение предмета анализа и рассмотрим роль сознания в предметной деятельности, подразумевая возможность последующего расширения полученных понятий и отношений между ними на другие формы сознательной активности.

В настоящем параграфе будет проведен *логический анализ обоснованности* выделения известных единиц описания деятельности человека и предпринята попытка определить основания для дальнейшего развертывания системы психологических единиц. Причем «единица» в отличие от обычного понятия, отражающего отдельную особенность или свойство предмета исследования, характеризуется большей сложностью, комплексностью и становится как бы промежуточным звеном на пути построения теоретической системы. Единица является интегральным синтетическим понятием, и в силу этого более конкретным. Кроме того, единица несет на себе отпечаток определенных онтологических представлений, чем приближается к другой еще более развитой и конкретной логической конструкции — системе.

Каждое направление развития психологии начинается с формирования специфических понятий и единиц описания психических явлений. Ассоцианисты в качестве единицы описания выделяли совокупность двух (или более) событий и условную связь между ними, бихевиористы принесли схему стимул-реакция, гештальтисты — целостный образ. В исследованиях установки единицей описания стала внутренняя конструкция, которая обеспечивала и целостность восприятия, и ответ на внешние стимулы.

Вторжение в психологию кибернетических методов привело к появлению функциональных блоков и функциональных систем, которые при внимательном анализе обнаруживают истоки в традиционных физиологических и психологических теориях [86].

Всякая новая единица создается в ответ на конкретные трудности в разработке предмета исследования вследствие неприспособленности имевшихся ранее средств описания для ассимиляции новых научных результатов. Выбор функциональных единиц, теоретический синтез которых должен воссоздать необходимую реальность как целостную систему, синтезирующую отдельные наблюдения и частичные положения, составляет центральный момент развития теории. Акты выбора осуществляются многократно, будучи включены в сложный, итеративный процесс совершенствования представлений и о предмете, и о самих единицах, однако редко процесс выбора становится объектом методологического анализа. Тем не менее при проведении теоретических исследований следует постоянно помнить, для решения какой задачи была предложена та

или иная единица. Если в ходе решения возникли новые трудности, нецелесообразно сразу корректировать ту или иную единицу применительно к сложившейся ситуации, а следует предварительно вернуться к исходной задаче.

В рамках одной теоретической конструкции могут функционировать несколько единиц, причем каждая из них зачастую выступает в различных формах, изменяясь от позиции исследователя, уровня обобщения и других факторов. Отделение внешней ситуативной окраски от внутренних свойств единицы как элемента математической модели составляет одну из необходимых задач совершенствования математической психологии.

Проблема выбора единиц особенно важна при построении математических моделей. В единицах фиксируется основное содержание, которое формальная конструкция извлекает из концептуальной системы научного знания.

Рассмотрим предельно кратко, когда и для какой задачи были введены те единицы, которые сегодня используются при описании и объяснении психических явлений как в традиционной, так и в математической психологии.

Как известно, начальный этап развития советской психологии характеризуется глубоким анализом основных психологических концепций начала XX в. В ходе анализа предстояло преодолеть, с одной стороны, механистический материализм бихевиоризма и реактологии, а с другой — дуализм идеалистических концепций. Принципиальной особенностью основных работ этого периода явилось *сочетание марксистского методологического анализа с конкретными экспериментальными и теоретическими исследованиями психики*. Недостаточно было провозгласить несколько общих положений диалектического материализма, несравненно важнее и труднее оказалось реализовать эти положения в практике конкретных психологических исследований. Именно эта черта отличает труды Б. Г. Ананьева [201], Л. С. Выготского [49; 50], С. Л. Рубинштейна [188; 192], Д. Н. Узнадзе [217]. В работах этих и других советских психологов одной из центральных стала проблема методологически адекватного включения сознания в систему описания психических явлений: памяти, восприятия, действия и т. д. Эта проблема была решена в результате раскрытия объективной роли сознания как формы активного овладения и преобразования природы человеком.

В процессе разработки проблемы дуалистическое понимание отношений человеческого поведения и сознания было вытеснено дифференцированным диалектическим описанием сознания как активного конструктивного начала психики, обусловленного и детерминированного объективным социально-историческим процессом. Активность сознания означала, что один и тот же поведенческий акт, который был (и остался до настоящего времени) универсальной единицей анализа у бихевиористов, становился многообразным и способным видоизменяться в зависимости от регулировавших, осуществлявших его психических процессов.

Культурно-историческую теорию развития психики построил Л. С. Выготский, что потребовало, естественно, фиксации «форм поведения», специфических для каждого этапа развития. «Первую ступень в развитии поведения образуют у всех животных последовательные реакции, или врожденные способы поведения» [47, с. 9]. «Над этой первой и основной ступенью в развитии поведения возвышается вторая ступень, непосредственно надстраивающаяся над первой. Это — так называемая ступень дрессуры, или условных рефлексов» [47, с. 10]. Для этой ступени характерно появление игры как упражнения инстинктов. «Над этой второй ступенью в развитии поведения возвышается третья и для царства животных, видимо, последняя ступень, хотя и *не последняя для человека*» [47, с. 12]. Наилучшим выражением подобных форм является поведение обезьян в экспериментах Келера.

«Есть, однако, в высшей степени важные черты, которые позволяют отграничить поведение обезьян от поведения человека...» [47, с. 46]. Эти черты обусловлены участием человека в общественном труде, благодаря чему средства трудовой деятельности приобретают функции знаков и преобразуют человека как субъекта труда. «С момента изобретения и употребления знаков, позволяющих человеку овладевать собственными процессами поведения, история развития поведения в значительной мере превращается в историю развития этих искусственных вспомогательных „средств поведения“, в историю овладения человеком своим собственным поведением.

Если интеллект является необходимой предпосылкой для развития труда, то воля, т. е. овладение собственным поведением, является непосредственным его продуктом и результатом» [47, с. 53]. Итак, каждый поведенческий

акт, сопровождаемый а) переходом объекта из заданного начального состояния в конечное и б) соответствующими действиями субъекта, дифференцируется Л. С. Выготским в зависимости от психического процесса.

Анализ внутренней противоречивости бихевиористской концепции привел С. Л. Рубинштейна к необходимости совместного изучения внешнего поведенческого акта и регулирующих его психических процессов. При этом основное внимание он обратил на связь действия и сознания.

«Определение деятельности человека в отрыве от его сознания так же невозможно, как определение его сознания в отрыве от тех реальных отношений, которые устанавливаются в деятельности. Так же как явление сознания не может быть однозначно определено вне своей предметной отнесенности, и *акт поведения не может быть однозначно определен вне своего отношению к сознанию*» [188, с. 50]. Именно участие сознания в психических процессах, регулирующих деятельность, стало для С. Л. Рубинштейна главным признаком дифференциации отдельных поведенческих актов. Соответственно выделялись три основных типа таких актов: реакция, операция и поступок. «Поведение человека не сводится к простой совокупности *реакций*, оно включает систему более или менее сознательных *операций* или *поступков*» [188, с. 50].

С. Л. Рубинштейн очень четко разделяет реакцию и операцию: «Сознательная операция отличается от реакции иным отношением к объекту. Для реакции предмет есть лишь раздражитель, т. е. внешняя причина или толчок, ее вызывающий. Операция — это акт деятельности, который направляется на объект. Операцией акт деятельности становится постольку, поскольку отношение к объекту, на который направляется деятельность, будучи дано субъекту как отношение, регулирует самый акт деятельности» [188, с. 50].

Поскольку исходное положение С. Л. Рубинштейна состоит в единстве деятельности и сознания, то созданная им классификация единиц вобрала две стороны: субъективную и объективную. Предметное действие регулируется не сознанием вообще, но предметным сознанием. Соответственно меняется и другая сторона единого процесса. «*Сознательное действие отличается от несознательного в самом своем объективном обнаружении: его структура иная.... оно иначе протекает*» [188, с. 51].

Более развитым типом действия является поступок, который генетически развивается из предшествующих форм: «Действие становится поступком по мере того, как и отношение действия к действующему субъекту, к самому себе и другим людям как субъектам, само будучи дано как отношение, поднявшись в план сознания, т. е. превратившись в сознательное отношение, начинает регулировать действие» [188, с. 50—51].

Среди сознательных операций С. Л. Рубинштейн очень подробно исследовал интеллектуальные, которые он определил следующим образом: «Операция будет интеллектуальной, если она оперирует предметами сообразно с их объективной природой и существенными для данной задачи отношениями» [188, с. 302]. Не следует, однако, понимать интеллектуальную операцию как чисто абстрактную. Напротив, С. Л. Рубинштейн подчеркивает объективное значение операции, которое становится источником принципиальных различий внутри множества интеллектуальных операций. «Интеллектуальной операцией в широком смысле слова может быть не только теоретическое построение, но и практическое действие» [188, с. 303].

Значительное внимание С. Л. Рубинштейн уделил генетическим переходам двух форм интеллектуальных операций в процессах труда. «Труд — реальный „физический" труд — есть... интеллектуальная операция и притом та, на основе которой сформировались в процессе исторического развития человечества все остальные. Труд как мышление — это исходная форма мышления. Не подлежит сомнению, что генетически первичной интеллектуальной операцией было *разумное действие* (курсив наш.— *Г. Ж.*). Внутри его сначала сформировалась и затем выделилась построенная по аналогичному типу *теоретическая операция*» [188, с. 304]. Итак, сознательно выполняемые предметные действия подразделяются на разумные действия и теоретические операции. В последующих работах С. Л. Рубинштейн особенно подробно исследовал специфичность теоретических операций и построенной из них теоретической деятельности. Вместе с тем он постоянно подчеркивал генетическую преемственность двух типов интеллектуальных операций. Для ребенка овладение социальным опытом осуществляется через посредство предметного окружения и приводит к появлению новых форм поведения, т. е. новых операций. «Лишь через свое отношение к объекту, опосредованное у ребенка

его отношениями со взрослыми, деятельность становится разумной, интеллектуальной операцией. На этой основе формируется затем в условиях социального воздействия и обучения интеллектуальная операция в теоретическом плане» [188, с. 304]. Сопоставляя две классификации действий, предложенных Л. С. Выготским и С. Л. Рубинштейном, легко заметить их принципиальное сходство при наличии некоторых терминологических расхождений, что позволяет представить их единым образом.

Подробная классификация единиц человеческой активности была построена Д. Н. Узнадзе [218]. Вновь в качестве исходного он выделил уровень инстинктов [218, с. 368]. Узнадзе, кроме того, вычленил форму вторичной активности, возникающую по поводу потребления, которую он назвал *обслуживанием* [218, с. 370—371]. В сознательной активности Д. Н. Узнадзе фиксировал особые формы *вторичной* активности: волю, принуждение, внушение [218, с. 375—378, 419]. Эти формы активности развиваются по поводу и как средство регуляции активности других уровней. Данная особенность классификации Д. Н. Узнадзе чрезвычайно важна для построения математических моделей деятельности, поскольку устанавливается функционально-структурное отношение между различными единицами активности.

В анализе конкретных теоретических исследований придется в дальнейшем использовать дополнительно такой признак, как способ представления единицы в теоретическом построении или в сознании субъекта Деятельности. (Здесь и далее мы будем различать общее, собирательное понятие Деятельности как системы и понятие частной, отдельной деятельности, которые соответственно будут писаться с прописной и строчной букв.)

А. Н. Леонтьев следующим образом характеризует возможные основания для построения классификаций: «Отдельные конкретные виды деятельности можно различать между собой по какому угодно признаку: по их форме, по способам их осуществления, по их эмоциональной напряженности, по их временной и пространственной характеристикам, по их физиологическим механизмам и т. д. Однако главное, что отличает одну деятельность от другой, состоит в различии их предметов» [131; с. 102]. Нельзя не согласиться с А. Н. Леонтьевым, что такие

внешние особенности Деятельности, как пространственно-временные параметры, не имеют непосредственного отношения к психологической классификации. Однако нам представляется, что базовым основанием психологической классификации видов Деятельности может стать только различие психических механизмов и процессов, регулирующих и направляющих Деятельность. В той мере, в какой способы осуществления Деятельности (и сопровождающие ее эмоции или физиологические механизмы) изменяют психические механизмы и процессы Деятельности, они становятся существенными признаками классификации и тем самым меняют форму Деятельности и структуру ее предмета. Причем мы подчеркиваем именно структуру предмета как внешнее отображение психических механизмов, чтобы отличить субъективные характеристики от объективных, которые могут содержаться в исследовании по поводу деятельности и изменяться независимо от строения Деятельности.

Первый опыт структурного анализа Деятельности был осуществлен А. Н. Леонтьевым в работе «Очерк развития психики» [128].

В последующих работах определение основных единиц Деятельности было развито и приобрело широко известную формулировку:

«В общем потоке деятельности, который образует человеческую жизнь в ее высших опосредованных психическим отражением проявлениях, анализ выделяет, во-первых, отдельные (особенные) деятельности — по критерию побуждающих их мотивов. Далее выделяются действия — процессы, подчиняющиеся сознательным целям. Наконец, это операции, которые непосредственно зависят от условий достижения конкретной цели. Эти „единицы" человеческой деятельности и образуют ее макроструктуру» [131, с. 109].

Естественно возникает вопрос, можно ли при построении моделей Деятельности совместить структурные единицы, введенные в предшествовавших классификациях (такие, как, например, теоретическая операция или поступок), с действием в смысле А. Н. Леонтьева. А. Н. Леонтьев выделяет речевые действия и образованную ими речевую деятельность [128, с. 95], обособляет «внешние, практические и внутренние теоретические» действия [128, с. 98; 113 и др.], в результате чего различаются внешняя, практическая и внутренняя теоретическая дея-

тельность [128, с. 98]. Таким образом, вводятся единицы, приближающиеся к разумному действию и теоретической операции в определении С. Л. Рубинштейна.

Однако А. Н. Леонтьев считает, что различия между этими единицами не имеют принципиального значения. «Психологический анализ показывает далее, что внутренняя, идеальная деятельность имеет такое же строение, как и деятельность практическая, составляющая ее генетическую основу. Стало быть, и в мышлении, и в других теоретических процессах также следует различать собственно деятельность, действия, операции и реализующие их высшие физиологические функции» [128, с. 98]. Это положение полностью сохранилось и во всех последующих работах. Отсюда следует, что А. Н. Леонтьев все известные ранее формы Деятельности человека проектирует на трехэлементную структуру, и в результате каждая форма представляется как бы расщепленной по трем образующим. Это означает, что предложенные ранее классификационные единицы, относящиеся к деятельности человека, должны быть утроены.

С этим положением трудно согласиться. Прежде всего мы видим, что в основном определении [131, с. 109] критерий осознанности имплицитно сохранился в качестве основания для различения единиц, но эксплицируется это основание различно: мотивом, целями, условиями. Вместе с тем не дифференцируются детально процессы сознания, благодаря которым действие отличается от операции. Превращение операции в действие может происходить и в результате отклонений от привычного исполнения операции, и в результате творческого осмысления теоретической проблемы. Несомненно, что психические процессы, отвечающие столь различным действиям, будут различны. Соответственно должны различаться и единицы описания человеческой Деятельности в двух указанных случаях.

Но основной вопрос заключается в том, как соотнести изменения процессов сознания, переводящие действие в операцию и обратно (их можно назвать ситуативным генезисом), с теми изменениями, которые возникали в процессе филогенеза и культурно-исторического развития Деятельности человека (макрогенезис). Принципы классификации, использованные А. Н. Леонтьевым, означают по существу нивелирование соответствия между двумя типами изменений: в макрогенезисе и в ситуативном генезисе. Однако данное положение не подкрепляется конкрет-

ным исследованием психических процессов, реализующих и действие, и операцию, которые показали бы, что эти процессы не совпадают с теми, которые наблюдаются в разумном действии, в интеллектуальной операции и т. п. Поэтому в равной степени допустимо альтернативное предположение, что в ходе ситуативного генезиса Деятельность проходит через те же формы, которые уже были пройдены в макрогенезисе.

Из этого предположения, которое нам представляется вполне естественным, вытекает важное следствие. А именно, в ходе изменения сознательной регуляции действия будет порождаться не одна, а много операций. Более того, по-видимому, регресс сознательного действия может идти вплоть до образования функциональных структур, соответствующих рефлекторным или инстинктивным. При этом механизм их порождения не будет уже ни биогенетическим, ни культурно-историческим, но собственно психологическим.

Однако этими взаимными переходами отношения действия и операции не исчерпываются. В приведенном выше определении [131, с. 109] наличие конкретных условий также отличает операцию от действия. Раскрывая это отношение, А. Н. Леонтьев приходит к следующему определению: «Способы осуществления действия я называю операциями». И далее поясняет: «...действия...относительны целям, операции — условиям». Это отношение иллюстрируется следующим примером. «Можно физически расчленить вещественный предмет при помощи разных орудий, каждое из которых определяет способ выполнения данного действия. В одних условиях более адекватной будет, скажем, операция резания, в других — операция пиления...» [131, с. 107]. Итак, для построения единиц психологического описания человеческой Деятельности А. Н. Леонтьев использовал еще один критерий — конкретности.

Рассмотрим, насколько существен этот критерий, в какой степени он отражает особенности психических процессов, включенных в Деятельность. Различие между действием и операцией, как оно задается в приведенном примере [131, с. 107], есть актуальное или присутствующее в потенции отличие общего и частного, обобщенного и конкретного. Однако такое отличие в равной степени может относиться и к действию, и к операции, и вообще

к любой психологической единице. Отношение конкретности не меняет ни плоскости функционально-логического исследования, ни способа или уровня осознания. Применительно к рассматриваемому примеру данное положение означает, что на обобщенном уровне могут существовать и действие расчленения и операция расчленения в зависимости от того, каковы регулирующие Деятельность процессы сознания. Если сознанием контролируется только сам факт расчленения, то налицо будет операция; когда же в сознании репрезентируется процесс Деятельности во всем многообразии его возможностей, особенно когда этот процесс одновременно отображается и, следовательно, регулируется в мышлении, то тогда мы фиксируем действие.

Аналогичный анализ может быть проведен и на более конкретном уровне. Например, система процессов резания также может реализоваться либо операцией, либо действием, причем действие будет наблюдаться при появлении трудностей, при желании усовершенствовать процесс и в ряде других случаев. Изменится ли отношение конкретного частного действия (резания или пиления) к общему действию (расчленению) по критерию осознанности, если будут меняться условия? — Конечно, нет! В то же время по критерию конкретности мы будем фиксировать различия независимо от того, в какой психологической форме (действия или операции) предстанут процессы преобразования объекта. Конкретизация дейстия не влечет обязательного превращения в операцию. Однако в составе сложного действия операция всегда выступает как конкретизация генетически исходного частного действия, приведшего к возникновению данной операции. Критерий конкретности не может служить психологически содержательным основанием для различения единиц, хотя он исключительно важен в плане объективно-логического анализа Деятельности.

Подводя итог анализу отношений «действие — операция», можно заключить, что психологически содержательным основанием для различения двух единиц служит только процесс сознательной регуляции. Эти единицы не являются единицами в полном смысле слова, а скорее *фиксируют относительное положение* двух генетически связанных единиц на шкале сознательной регуляции Деятельности, причем действие относится к развитой форме Деятельности, а операция — к ранней, менее развитой форме.

Рассмотрим теперь *отношение «деятельность — действие»* (как известно, переходы между операциями и деятельностями А. Н. Леонтьев не изучал). От действия деятельность отличается присутствием мотива. Мотивированность последней как акта сближает ее с поступком по классификации С. Л. Рубинштейна [188, с. 50—51], но если поступок есть уже акт общения, трансцендентный по отношению к данному субъекту, то деятельность в смысле А. Н. Леонтьева индивидуальна, она направлена на субъект и принадлежит субъекту: эта деятельность имманентна.

Мотивы, как и потребности, чрезвычайно многообразны. Столь же многообразны обусловленные ими психические процессы. Кроме того, следует различать деятельность созидания (именно о такой деятельности говорит А. Н. Леонтьев) и деятельность потребления (которая им не рассматривается). Далее, мотивы, сформировавшиеся на основе физиологических потребностей и нашедшие социально приемлемое выражение, реализуются иначе, чем социально заданные. Представлять все эти разнообразные формы жизнедеятельности одной единицей — деятельностью в смысле А. Н. Леонтьева — неправомерно в такой же степени, как пытаться объединять разумное действие и теоретическую операцию в смысле С. Л. Рубинштейна.

Однако А. Н. Леонтьев анализирует различия между деятельностью и действием, а не особенности деятельностей. Отношение «деятельность — действие» он уточняет следующим образом: «Когда перед нами развертывается конкретный процесс — внешний или внутренний,— то со стороны его отношения к мотиву он выступает в качестве деятельности человека, а как подчиненный цели — в качестве действия или совокупности, цепи действий» [131, с. 114]. Отсюда следует, что деятельность и действие не могут рассматриваться как отдельные объективные сущности, как самостоятельные единицы описания. Различия между ними лежат, следовательно, не в онтологической, а в гносеологической плоскости; некоторая совокупность психофизиологических процессов может стать либо деятельностью, либо действием в зависимости от того, в какую систему описания она включена.

Несомненно, системно-гносеологические аспекты исключительно важны для идентификации единиц, но вместе с тем следует учитывать и системно-онтологические аспек-

ты дифференциации единиц Деятельности человека. Гносеология и онтология составляют, как известно, два диалектически взаимосвязанных плана познания. Это, в частности, означает, что изменения в гносеологическом аспекте неизбежно влекут изменения в онтологии, т. е. отражаются на составе и свойствах включаемых в анализ явлений и процессов. *Если поведенческий акт и соответствующая совокупность психофизиологических процессов рассматриваются только в аспекте регуляции преобразований объекта, то выделяется необходимое подмножество процессов и получается действие. Если тот же акт берется в совокупности процессов затрагивающих субъекта в целом, то мы получаем деятельность, находим в ней мотивы и эмоции и др.* Итак, расширяя в гносеологическом плане сферу анализа Деятельности, переходя от действия к деятельности, мы увеличиваем объем анализируемых процессов и, что самое главное, дополняем Деятельность еще одним объектом, который всегда подразумевался, но редко осознавался. При расширении сферы анализа появляется не только противостоящий субъекту объект действия, т. е. тело, подвергающееся преобразованию, но также и объект, который является материальным воплощением, носителем субъекта действия. На самом деле этот дополнительный «невидимый» *субъектный объект* присутствует всегда и не менее труден для преобразований, чем первый объект; он также противостоит действию и составляет материал действия. Когда учитывается присутствие второго объекта, совершается переход от действия к деятельности, а процессы регуляции объекта дополняются процессами регуляции жизнедеятельности.

Соотнесение функционального и морфологического показывает, что объект и субъект как функциональные элементы в своем материальном воплощении пересекаются, т. е. происходит замыкание деятельности на самое себя. Этот замкнутый акт не полностью и не всегда регулируется сознанием. Следовательно, деятельность, подобно действию, должна иметь свои операции, которые в отличие от рассмотренных выше можно было бы обозначить как личные операции.

Если в личной операции сознается та часть процессов, которая направлена на преобразование субъектного объекта, то возникает рассмотренная А. Н. Леонтьевым ситуация, когда «роль общей цели выполняет осознанный

мотив, превращающийся благодаря его осознанности в мотив-цель» [131, с. 105].

Если объектом действия будет другой субъект, то мы получаем единицу Деятельности, отражающую некоторые особенности поступка в смысле С. Л. Рубинштейна. Если функцию субъекта действия будут выполнять несколько человек, то в результате расширения сферы анализируемых процессов возникнет такая единица, как совместная деятельность.

В ходе предшествовавшего анализа неоднократно возникали ситуации, когда та или иная единица Деятельности включалась *в* развернутую *систему единиц*. Например, редукция действия в операцию вела к тому, что последняя оказывалась частью более общего действия. Следуя классификационным принципам Д. Н. Узнадзе, можно было бы сказать, что общее действие по отношению к операции выступает как форма вторичной активности. Аналогично некоторое частное действие может стать развитием сложной операции. Более того, весь смысл проблемного обучения состоит в развертывании по мере необходимости отдельных составляющих учебной операции в осознанное действие. Формирование систем единиц, как следует из приведенных примеров, может осуществляться либо из единиц одного типа (система операций), либо из разнородных единиц. Чтобы избежать подмены функциональных и генетических отношений пространственно-временными отношениями, необходимо анализировать не только отдельные единицы и связи между ними, но также системы единиц, связи между системами и отношения между единицей и системой, к которой она принадлежит.

Это означает, что появляются два принципиально различных типа единиц, которые удобно обозначить как компактные (единицы в традиционном смысле) и распределенные (системы). К первым относятся единицы, вошедшие в известные классификации: операции, действия, деятельности, поступки. Ко вторым — системы, образованные из этих единиц. Вместе с тем наличие системы приводит к различению однотипных единиц Деятельности по их месту в структуре системы. Это, в частности, означает, что на двух различных уровнях структуры могут располагаться однотипные единицы.

Чтобы пояснить системные проблемы, возникающие при анализе отношений компактных и распределенных единиц, полезно прибегнуть к аналогии, использованной

еще Ф. де Соссюром. Формулируя принципы исследования такой сущности, как единица языка, он предлагал «сравнивать ее с химическим соединением, например, с водой, состоящей из водорода и кислорода; взятый в отдельности каждый из этих элементов не имеет ни одного свойства воды» [207, с. 135]. Для исследований языка эта аналогия определяла необходимость формирования единиц как единства означаемого и означающего. В психологии химическая аналогия неоднократно использовалась, чтобы показать необходимость изучения психических явлений на уровне единиц (молекул), т. е. в соединении многих разнородных процессов, отражающем целостные свойства изучаемого предмета (см. 50, с. 46—48).

Продолжая эту аналогию, можно было бы сказать, что следует также различать молекулу воды и образованное большим числом молекул вещество — воду. Возвращаясь к психологии, следовало бы различить свойства компактных единиц описания, систем из единиц, а также выделить те свойства компактных единиц, которые присваиваются им в силу принадлежности к системе. Если даже сложение молекул воды осуществляется трояко и дает в зависимости от типа межмолекулярных связей пар, воду или лед, то в психологии системный синтез компактных единиц может приводить к несравненно большему разнообразию.

В целом отношения компактных и распределенных единиц принципиально отличаются от отношений между компактными единицами. Следует отметить, что, как правило, распределенные единицы учитываются в теоретическом исследовании только через индуцированные в компактных единицах свойства. Предварительные замечания о компактных и распределенных единицах позволяют подробнее исследовать отношения между деятельностями и действиями.

Никакое действие как реальность психической жизни человека не может не содержать мотива, т. е. должно быть деятельностью. Если эти две единицы все же разделяются, то делается это для облегчения аналитического исследования или для обеспечения индивидуальной и социальной регуляции. Чтобы выделить предметные аспекты Деятельности, мотивационная сторона отсекается. На пути восхождения к реальности действие (его цели, результаты и т. д.) соотносятся с развернутой системой действий и соответствующими интегральными целями, результатами

и т. д. Интегральная цель (метацель) формируется как совокупный образ частных целей.

В силу двойственности Деятельности систематизация действия может проходить двояко: в индивидуальном или в общественном плане. Если объединение отдельных действий (и целей) совершается относительно индивида, то система действий совпадет с системой деятельностей (и метацели совпадут с мотивом), несмотря на то, что в действии мотив не представлен. Основанием для подобной уверенности служит положение об объективности Деятельности. Синтез действий относительно индивида обязательно должен приводить к совпадению объекта деятельности в его материальном отображении и индивида как носителя субъекта. Смыкание метаобъекта метадействия с реальным субъектом содержательно означает, что действия субъекта включены в систему жизнедеятельности. Объединение действий в общественном плане составляет задачу социологии.

Итак, два типа синтеза: по направлению увеличения объема процессов, включаемых в действие и по расширению системы действий, выполняемых субъектом,— ведут к созданию двух соответственных структур, характеризующихся совпадением субъекта и объекта Деятельности. Отсюда следует вывод, что описание Деятельности должно содержать характеристику материальных преобразований исполнителя роли субъекта.

Процессы анализа и синтеза, осуществляемые исследователем Деятельности, и процессы осознания субъекта, как правило, не совпадают (отсюда возникают вопросы верифицируемости методов изучения Деятельности). Этот познавательный диссонанс появляется не только в психологии. На него также обратил внимание Ф. де Соссюр. Рассуждая о проблемах выбора единиц языка, он отмечал, что «изучать их нелегко, так как нельзя знать в точности, заходит ли сознание говорящих столь же далеко, как и анализ грамматистов» [207, с. 171].

Рассмотрим теперь синтез действий относительно совместно выполняемой социальной задачи. Аналогом личного мотива будет социальный мотив синтезированной Деятельности. Исходное единичное действие, став частью социальной Деятельности, приобретает социальный мотив, общественный смысл и т. п. Возвращаясь к химической аналогии, можно отметить, что молекула воды не способна ни быть водой, ни тушить пожар; эти свойства молекула приобретает потенциально и реально как часть

вещества. Подобное обратное проектирование (индуцирование) свойств распределенных единиц в свойства компактных означает в психологическом исследовании, что некоторое конкретное действие может осознаваться как часть общего дела, и тогда оно будет социальной операцией. Иными словами, статус того или иного акта Деятельности может различаться в зависимости от социального обобщения.

Итак, отношения в диаде «действие—деятельность» не являются однородными. Прежде всего деятельность в смысле А. Н. Леонтьева не может рассматриваться как единица наряду с действием, операцией, поступком. Это либо действие, частично или полностью замкнутое на собственного субъекта, либо система действий. В последнем случае отношения между действием и деятельностью суть отношения компактных и распределенных единиц.

Дифференциация отношений в диаде «деятельность — действие» позволяет дополнить основные единицы предшествовавших классификаций замкнутыми на себя единицами и распределенными единицами.

На основании проведенного анализа можно заключить, что классификация единиц (деятельность, действие, операция), предложенная и разрабатываемая А. Н. Леонтьевым, не заменяет, а частично дополняет предшествовавшие классификации, созданные Л. С. Выготским, С. Л. Рубинштейном, Д. Н. Узнадзе.

Таким образом, психологически содержательными могут быть два признака: осознанности и мотивированности. Действия и операции различаются по признаку осознанности. Мотивированность как отличительный признак деятельности не является единым основанием, а возникает как результат включения действия в систему метадействия и как итог смыкания объекта и субъекта Деятельности.

Легко заметить, что признаки осознанности и мотивированности логически независимы, следовательно, необходимо допустить существование таких единиц, как личные операции, социальные операции или социальные деятельности.

Признак конкретности, неявно используемый для различения действия и операции, не может быть, по нашему мнению, основанием для различения единиц.

Использованные основания для выделения единиц являются необходимыми, но не достаточными. Классифи-

кация единиц должна быть развернута в процессуальном и онтологическом планах, что может быть осуществлено в результате изучения Деятельности человека как психофизиологической и социально-экономической реальности.

Здесь остались вне рассмотрения проблемы взаимного перехода (кинематики) единиц. Сюда же относится проблема развертывания действий из формальных операций, трансформации деятельности в машинные операции и т. п. Не анализировались динамические (каузальные) аспекты Деятельности.

В целом можно заключить, что проблема выбора психологически содержательных единиц описания Деятельности человека еще далека от решения, соответствующего современному уровню развития психологии, но без ее решения невозможен переход математической психологии на новую ступень развития, когда вместо простейших механизмов могут быть математически точно описаны действия и поступки человека, а также его Деятельность в целом.

В процессе жизнедеятельности человека изменяется его отношение к миру, что сопровождается трансформацией функциональных свойств, образующих жизнедеятельность процессов. Происходящие изменения существенно отличаются от изменений физических или биологических вследствие сознательного, активного отношения человека к окружающей среде. Результаты познания мира отражаются на его изменении — таково основное направление человеческой активности. При изучении математической психологии нам пришлось столкнуться с другой формой этого процесса: модель психики человека, получив «независимое» от него существование в социальных нормах или технических конструкциях, формирует объект по своему образу и подобию.

Человек трансформируется через посредство своей модели. Процесс воздействия модели на объект осуществляется на любом уровне детализации моделей. Посредством операционных (имитационных) моделей усваивается общая схема взаимодействия человека с предметным миром (в том числе в труде). На поведенческом уровне моделирования усваиваются основные механизмы процессов взаимодействия. Когда модель включает мотивационные или нормативные структуры, трансформации подвергаются личностные структуры.

Проблема воздействия модели на объект, следовательно, не замыкается в пределах научного исследования, а приобретает действительное существование в социальном бытии сознающего себя человека, включающем мышление, машины, личное потребление. Эта проблема актуализируется не только в предметной деятельности, но и во всех других формах человеческой активности. Так, формы общения, характерные для условий товарного обмена, становятся порой схемой отношений между людьми, моделируются в схемах теории игры и предстают в сознании человека как нормы его поведения.

Глава 3

Системные проблемы взаимодействия психологии, семиотики и теории информации

*

Человеческая активность неразрывно связана с особыми образованиями, которые именуются то сигналами, то символами, то знаками, в зависимости от того, какой аспект активности оказывается в центре изучения. Не случайно теория информации, предмет которой составляют процессы преобразования сигналов, сразу же после своего возникновения оказала глубокое влияние на психологические исследования активности человека. Теория информации породила в психологии огромное число работ и не меньше надежд. Казалось, впервые в истории психологии удастся точными количественными методами описать поведение человека и даже предсказать основные черты его будущих действий.

Однако надеждам не суждено было сбыться, и теория информации в качестве инструмента исследования преимущественно используется в области изучения сенсорных процессов, т. е. на самых нижних уровнях психики. Возникает естественный вопрос: каковы действительные возможности теории информации в психологии, или, более

широко, какова связь теории информации как сравнительно самостоятельной научной области, входящей в состав кибернетики, и психологии — одной из наиболее древних и традиционных наук? Решение этого вопроса — наталкивается на проблему связи теории информации, исследующей процессы преобразования знаков и семиотики как науки о знаках в их всеобщности. Иными словами, исследование проблемы «теория информации и психология» должно идти от психологии к семиотике и уже от нее к теории информации. Наряду с этим необходимо подробно изучить взаимосвязи «психология ↔ семиотика», а также «семиотика ↔ теория информации», которые имеют сравнительно самостоятельное значение и более многочисленны, чем те связи, которые задействованы на основном пути: психология → семиотика → теория информации. Нельзя, конечно, не учитывать и того обстоятельства, что за четверть века, прошедшую от начала использования в психологии теоретико-информационных методов, сложились многочисленные «прямые» связи между психологией и теорией информации, большая часть которых возникала вследствие непосредственного наложения структурной схемы и количественных методов теории информации на систему психических феноменов.

Итак, перед нами чрезвычайно сложная сеть связей, выявление и анализ которой затруднен обилием частных точек зрения, отсутствием системного представления предметной действительности, многочисленностью методов, применяемых без их взаимного сопоставления и стыковки к решению отдельных задач.

В данной главе будет предпринята попытка доказать, что фактически семиотика и теория информации в предметном отношении представляют разделы теоретической психологии, отличаясь друг от друга объективной отнесенностью и направлением использований знаний. Поэтому три указанные дисциплины не только взаимозависимы, но и взаимопересекаются, что, однако, вовсе не исключает самостоятельности рассматриваемых научных областей и возможности появления чисто внешних связей между ними.

Подход к названным дисциплинам с позиции их предметной общности имеет несомненную эвристическую ценность. В частности, можно показать, что основное содержание теории информации входит в семиотику и через нее — в психологию. Отсюда следуют выводы о необходи-

мости осознанной координации проблем и результатов, возникающих в процессе развития этих дисциплин.

На первом этапе исследования целесообразно выявить контакты психологии и семиотики в их генетическом становлении и в актуальной данности, особенно те, которые существенны для последующего перехода к проблеме связи психологии и теории информации.

В этой сложной и неоднородной по содержанию проблеме мы выделяем определенный аспект (точнее, комплекс взаимосвязанных аспектов), вскрывающий содержательную общность психологии и теории информации.

Долгое время проблема математизации психологии рассматривалась с точки зрения структурных отношений математических моделей и психических явлений, т. е. с позиций гомоморфизма, изоморфизма, функционального подобия, продуктивного тождества и т. д. Необходимо также содержательно сопоставлять математические модели и психологическую действительность. Постановка вопроса о содержательности означает по существу расширение круга требований к математической конструкции. Наряду с выявлением гомоморфности объекта и модели требуется установить соответствие между системой представлений, в которых идентифицируется и интерпретируется объект, и математическими теориями, которыми определяется модель.

Проблема качества модели приводит в конечном счете к необходимости методологического анализа предметной общности психологии и кибернетики. Именно постановка вопроса о содержательности определяет значение многих математических исследований на границе между психологией и кибернетикой [40; 41; 43; 234], которые не давали конкретных модельных результатов, но устанавливали общность понятий смежных наук. В рамках вопроса о содержательности инициировались (хотя и неосознанно) многие исследования в области теории автоматов, и особенно по коллективному поведению автоматов [31; 85; 90; 243; 298].

Ряд последующих исследований продемонстрировал, что математические конструкции кибернетики, несмотря на абстрактность, несут в себе конкретное психологическое содержание. В частности, теория автоматов, информации, теория игр и другие передают вполне определенные черты предмета психологии, хотя и в упрощенном виде.

Подход к математическим моделям психических явлений с позиций содержательности позволил истолковать ряд ранних успешных примеров моделирования и наметить границы применимости формальных схем. Вместе с тем исходная постановка вопроса о содержательности должна быть расширена и включать вопрос о присвоении психологического содержания абстрактной модели, заимствованной из смежной научной области, о переносе содержания из одной науки в другую, о мифологизации знаний и т. д. Постановка вопроса о содержательности оказалась в русле современной диалектико-материалистической трактовки отношений математики с конкретными науками [65; 66; 5].

1. Психология и семиотика

Продуктивность взаимодействия психологии и семиотики общепризнанна. Однако в понимании форм и направлений их взаимных связей остается много несогласованного и неясного. Взаимосвязь их устанавливалась различно в зависимости от характера исследования и от занимаемой ученым философско-методологической позиции. Понимание общности психологии и семиотики эволюционировало по мере накопления знаний и развития системных представлений. Так, уже вначале проблема взаимосвязи психологии и семиотики, а также лингвистики [126; 181; 200] предстала как самостоятельная междисциплинарная научная область.

Первые этапы своего развития семиотика прошла как лингвистика, т. е. наука о знаках, сложившихся в человеческом языке. Как отмечают многие авторы, первые лингвистические исследования возникли в деятельности грамматиков, обучающих правильному владению речью [6].

Постепенно складывался и другой род познавательной деятельности в языковедении, который стимулировался необходимостью сравнения, сопоставления различных языков [101; 102]. Одной из задач такого исследования было построение достаточно обобщенного уровня описания, на котором два языка, даже весьма далекие, могли быть представлены единым образом, что позволяло бы затем находить их отличия. Здесь вопросы об использовании языка, о его природе, о психологии говорящего были центральными.

Два исходных направления языкознания, различаясь по своим целям, привели в итоге к представлению о специфической речевой деятельности, о единицах языка и формах их употребления.

Независимо от первых двух развивалось и третье направление, чисто прикладное: оно возникло одновременно с письменностью и было обусловлено техническими потребностями обслуживания сферы общения, записи и передачи знаков, их обработки и сохранения. Знаки здесь рассматривались как подлежащие направленному физическому преобразованию материальные объекты, психологическое значение которых отбрасывалось.

Каждое из этих направлений подкреплялось усложнением системных и онтологических представлений, накоплением специальных знаний.

Технический прогресс в области передачи сигналов, кодирования и декодирования в начале XX в. привел к созданию машиноподобных структур языка, синтезу первых двух направлений семиотики.

Одним из результатов этого синтеза стала теория информации, которая пришла в психологию в качестве сугубо технической дисциплины, как это могло показаться на первый взгляд.

Синтез грамматического и сравнительного направлений языкознания был осуществлен В. фон Гумбольдтом (1767—1835), которого известный советский лингвист В. А. Звегинцев справедливо называет «основоположником современного языкознания» [101, с. 69]. Глубочайшая эрудиция и совершенное владение языками народов, находившихся на разных ступенях развития, позволили ему детально и всесторонне разработать вопросы, в которых психологические и лингвистические аспекты тесно переплетены.

В плане общности предметов психологии и лингвистики В. Гумбольдт выделяет четыре проблемы: 1) социальность языка, 2) единство звука и значения, 3) системность языкового знака, 4) «внутренняя форма» языка.

Каждая из этих проблем получила далеко не одинаковое развитие в трудах ученого. Наибольшее внимание он уделил проблемам социальной опубликованности языка, усвоения социальной нормы в деятельности личности, связи социального и индивидуального в мышлении, вопросам происхождения и развития языка.

Это вполне понятно и обусловлено подходом В. Гумбольдта к языку, как к воплощению абсолютного Духа. Проблемы социальности языка исследовались В. Гумбольдтом в эволюционном плане.

Для психологии главным в научных изысканиях В. Гумбольдта было то, что он всегда подходил к языку как деятельности: «Язык есть не продукт деятельности, а деятельность. Его истинное определение поэтому может быть только генетическим. Язык представляет собой беспрерывную деятельность духа, стремящуюся превратить звук в выражение мысли» [101, с. 91].

Это исходное положение определило разработку проблемы единства звука и значения, к которой В. Гумбольдт подходил диалектически: «Словесная единица в языке имеет двойной источник: в звуке и во внутреннем смысле, относящемся к потребности развития мысли» [285, с. 503]. Эволюция языка неразрывно связана с его бытием в звуковой субстанции, причем слово оказывается продуктом развития языка, а не исходным материалом его создания. Одновременно ему удалось проследить, как дифференциация значений изменяет фонетический и ритмический строй языка.

В. Гумбольдт из двойственности языкового знака выводил представление о системности языка, где каждый элемент получает смысл и звуковое выражение только в связи с другими элементами. Не случайно поэтому он говорил, что «расчленение языка на слова и правила — это только мертвый продукт научного анализа» [101, с. 91]. Представление о системности языка было сформулировано В. Гумбольдтом в одной из первых лингвистических работ «О сравнительном изучении языков применительно к различным эпохам их развития», где он утверждал: «В языке нет ничего единичного, каждый отдельный его элемент проявляет себя лишь как часть целого» [101, с. 79].

Особенно наглядно эта мысль была сформулирована В. Гумбольдтом в другой работе «О различии строения человеческих языков и его влиянии на духовное развитие человеческого рода», которая была опубликована уже после его смерти. Там он писал, что должно существовать некоторое чувство языка, напоминающее инстинкт, которое позволяет предвосхищать «систему в целом» по отдельным элементам. «Язык можно сравнить с огромным ковром, каждая часть которого находится в более или менее отчетливой связи с другой, и все они — с целым. В разго-

воре... человек всегда касается только одной обособленной части этого ковра, но, как бы инстинктивно, делает это таким образом, будто перед ним в тот же момент находятся все другие части, с которыми первая должна стоять в неизбежном соответствии» [285, с. 446].

Знание многих языков, глубокая философская подготовка, широкая эрудиция в области этнографии и истории помогли В. Гумбольдту детально разработать проблемы социологии и диалектики языка. Но отсутствие необходимых психологических исследований, слабость системных представлений того времени не позволили ему создать развернутое системное описание языка.

В силу тех же причин осталась нераскрытой и проблема внутренней формы языка, центральная проблема при обсуждении взаимоотношений лингвистики и психологии. Рассматривая внешнюю форму как единство звука и идеи, В. Гумбольдт пришел к необходимости выделить и внутреннюю форму языка, в которую первоначально «отливается» деятельность духа. Внутренняя форма «есть тот потребитель, который обслуживается производством языка в звуковой форме, и на ней (внутренней форме. — *Г. Ж.*) основывается то, что язык способен придать выражение всему, что в нем стремились отобразить валичайшие умы прошлого, создавая проникновенные идеи. Эта ее способность зависит от того согласования и того взаимодействия, в которых стоят внешнепроявляющиеся законы внутренней формы как между собой, так и с законами восприятия, мышления и эмоций по преимуществу». Далее В. Гумбольдт замечает, что законы внутренней формы языка не могут рассматриваться в качестве источника психической деятельности человека, но «ее законы суть не что иное, как рельсы, по которым движется деятельность души в процессе производства речи, или, если воспользоваться другим сравнением, законы внутренней формы образуют как бы матрицу, в которой эта деятельность штампует звук» [285, с. 463].

В дальнейшем развитии языкознания намеченная В. Гумбольдтом психологическая проблематика получала различную интерпретацию.

За редкими исключениями, взаимоотношения психологии с семиотикой (и лингвистикой) понимаются и трактуются как наряду лежащие с отношениями между всеми общественными (и естественными) науками. Однако необходимо различать внутреннюю общность двух наук,

обусловленную частичным совпадением предметов исследования, и внешние контакты, определяемые исследованием общего объекта. Так, тембровая окраска голоса связана с психическим состоянием человека, и ее необходимо учитывать при изучении выразительных средств языка. Но психология эмоции только сообщает свои сведения языкознанию, тогда как проблема языка и мышления в принципе не может разрабатываться каждой из наук порознь.

По существу первая попытка уяснения внутренней содержательной общности психологии и семиотики принадлежит Ф. де Соссюру (1840—1913), и прежде всего в связи со стремлением выделить язык как специфический объект семиотического исследования. Ф. де Соссюр сформулировал положение, что «язык есть система, подчиняющаяся своему собственному порядку» [206, с. 45]. В эту систему входят и связи с психологией, которые были намечены в ходе содержательного развертывания представлений о предмете лингвистики. Прежде всего можно напомнить прямые высказывания Ф. де Соссюра о принадлежности лингвистики к системе психологического знания: «Можно ... мыслить себе науку, изучающую жизнь знаков внутри жизни общества; такая наука явилась бы частью социальной психологии, а следовательно, и общей психологии; мы назвали бы ее семиология. Она должна открыть нам, в чем заключаются знаки, какими законами они управляются. ...Лингвистика только часть этой общей науки; законы, которые откроет семиология, будут применимы и к лингвистике, и эта последняя, таким образом, окажется отнесенной к вполне определенной области в совокупности явлений человеческой жизни» [206, с. 40].

Представив язык как социально заданную систему, Ф. де Соссюр отметил необходимость изучения присвоения и реализации этой системы в «деятельности говорящего субъекта». Тем самым он наметил два аспекта внутренней общности лингвистики и психологии: «Изучение языковой деятельности распадается на две части; одна из них, основная, имеет своим предметом язык, т. е. нечто социальное по существу и не зависимое от индивида; это наука чисто психическая; другая — второстепенная, имеет предметом индивидуальную сторону речевой деятельности, т. е. речь, включая говорение: она психофизична» [206,с. 42].

Ф. де Соссюр отчетливо осознавал и подчеркивал включенность языка в систему социальных и психических про-

цессов и вытекающую отсюда содержательную общность предметов психологии и семиотики. Социальность и психичность знака оказываются при этом его внутренними, функциональными свойствами и должны отделяться от внешних свойств, обусловленных принадлежностью к некоторой материальной целостности.

Анализ системных представлений Ф. де Соссюра о языке был бы неполным без упоминания о последовательно проводимом им разграничении значения и значимости. Если попытаться реконструировать в понятиях современной системной концепции ход мысли Ф. де Соссюра, то получится такая картина. Значимость знака появляется в пределах одного уровня как результат горизонтальных отношений данного знака с наряду лежащими. Значение возникает через подключение к метауровню, как отнесенность данного знака к высшему знаку. Присвоение значения есть указание на место в иерархии. Следовательно, понятия значимости и значения нельзя рассматривать как оппозиционные и равноправные. Понятие значения можно получить как производное от понятия значимости через обращение к системе функциональной соотнесенности. Поэтому в дальнейшем развитии лингвистики понятия значимости и значения в смысле Ф. де Соссюра слились воедино, а термин значимость перешел к другому понятию, которое фиксировало отношения между различными функциональными планами, и в частности между системами предметной и личной деятельностей.

Итак, для Ф. де Соссюра характерно разграничение лингвистики и психологии, языка и психики наряду с подчеркиванием их взаимной связи. В этой на первый взгляд непоследовательности скрывается глубокая диалектичность его подхода к проблемам языкознания.

Отсюда проистекает постоянное внимание Ф. де Соссюра к выявлению единицы изучения языковых явлений.

Принимая знак как единство понятия и звука, он сравнивает его с «химическим соединением, например с водою, состоящей из водорода и кислорода; взятый в отдельности, каждый из этих элементов не имеет никаких свойств воды» [206, с. 106]. Действительно, элементы языка, взятые изолированно, не передают его специфических свойств. Только соединение в одно целое идеального, психического, и материального, физического, способно приобрести то свойство языка, которое позволяет ему выполнять свою функцию.

Противопоставление единицы и элемента, сформулированное Ф. де Соссюром в качестве необходимого момента исследования взаимоотношений языка и психики, а точнее, функционирования языка в деятельности человека, было затем воспринято и развито Л. С. Выготским и возведено им в фундаментальный принцип всякого психологического исследования.

«Первый способ психологического анализа можно было бы назвать разложением сложных психологических целых на элементы. Его можно было бы сравнить с химическим анализом воды, разлагающим ее на водород и кислород» [50, с. 46]. Такое разложение дает элементы, которые уже не содержат свойств, присущих целому. Отсюда Л. С. Выготский делает вывод: «С исследователем, который, желая разрешить проблему мышления и речи, разлагает ее на речь и мышление, происходит совершенно то же, что произошло бы со всяким человеком, который в поисках научного объяснения каких-либо свойств воды, например, почему вода тушит огонь или почему к воде применим закон Архимеда, прибег бы к разложению воды на кислород и водород как к средству объяснения этих свойств» [50, с. 46].

Такому методу исследования Л. С. Выготский противопоставляет «анализ, расчленяющий сложное единое целое на *единицы*». Основным правилом выделения единиц должно стать именно сохранение ими функциональных свойств целого: «Под единицей мы подразумеваем такой продукт анализа, который в отличие от элементов обладает *всеми основными свойствами, присущими целому*» [50, с. 48].

Только такой путь, по мнению Л. С. Выготского, позволяет осуществить последующий синтез целого. Продолжая аналогию с химическим исследованием, он говорит: «Не химическая формула воды, но изучение молекул и молекулярного движения является ключом к объяснению отдельных свойств воды» [50, с. 48].

Применяя принцип выделения функциональной единицы, Л. С. Выготский приходит к выводам, сходным с теми, что сделал Ф. де Соссюр. Подобно последнему, он также считает, что «звук, оторванный от мысли, теряет вместе с этой операцией и все то, что делает его звуком человеческой речи и *включает в ряды остальных звуков*» (курсив наш.— *Г. Ж.*).

Именно выделение единицы речемыслительной деятель-

ности показывает общность подходов психологии и лингвистики и одновременно намечает границу их раздела. В анализе знака значение неотделимо от звуковой формы, но значение является тем свойством знака, которое сохраняется и в речи, и в мышлении.

Вместе с тем Л. С. Выготский получил два результата, существенно продвинувших проблему выделения единицы «речи-мысли». Исследуя свойства знака в его оптимальном функционировании, он обратил внимание на тот важный момент, что знак не только выделяет идею или предмет, но также и обобщает. «Слово всегда относится не к одному какому-нибудь отдельному предмету, но *к целой группе или к целому классу предметов*. В силу этого каждое слово представляет собой скрытое *обобщение*, всякое слово уже обобщает, и с психологической точки зрения значение слово прежде всего представляет собой обобщение» [50, с. 49]. Причем наличие обобщения может быть выявлено только в ходе «анализа на единицы», более того, именно обобщение и выступает как наиболее существенное свойство и мышления в целом, и «словесного акта мысли». Отсюда с неизбежностью следует вывод, что «качественное отличие единицы в основном и главном есть обобщенное отражение действительности» [50, с. 49].

Оппозиция «обобщение — дифференциация» Л. С. Выготского представляется чрезвычайно важной в языкознании, так как намечает конструктивное направление исследования речевого мышления, которое и было в существенных моментах им реализовано. Позднее мы вернемся к этому вопросу. Здесь же заметим, что Выготский подчеркивал: коль скоро люди в общении пользуются языком, знаками, то они невольно прибегают к обобщению, будучи вынуждены относить передаваемое содержание к известному классу явлений. Следовательно, «*общение необходимо предполагает обобщение и развитие словесного значения*» [50, с. 51].

Детальный логико-методологический и психологический анализ проблемы обобщения был выполнен В. В. Давыдовым [68], который развил идею обобщения через значение слова.

При всей важности понятия обобщения в исследовании языка и мышления представляется необходимым обсудить возникшее у Л. С. Выготского противопоставление (и сопоставление) понятий значения слова и обобщения через слово. Исходя из представления об уровневой структуре

языка, можно прийти к выводу, что разграничение понятий значения и обобщения оказывается избыточным. Ведь обобщение есть продукт движения снизу вверх по иерархии значений; движению в обратном направлении соответствует дифференциация. Но и дифференциация, и обобщение существует одновременно и суть не что иное, как значения, взятые в своей системности. Все вместе они результируют активное отношение к окружающему миру: к предметной среде и социальному окружению.

Второе важное свойство знака, которое удалось сформулировать Л. С. Выготскому на основе принципа членения на единицы, состоит в единстве интеллектуальной и аффективной сторон мышления. Мышление человека неразрывно взаимосвязано с эмоционально-волевой сферой. Мышление, с одной стороны, направляется мотивами, потребностями, интересами и одновременно формирует, конкретизирует их, в каждой мысли содержится эмоциональное отношение человека к действительности. С другой стороны, мышление, его результаты и связанный с ними процесс речевого высказывания, как все психические процессы, неизбежно включают соответствующую эмоциональную оценку. Коль скоро предпринимается попытка выделить психолингвистическую единицу речевого мышления, она должна учитывать наличие этого взаимодействия. Следовательно, эта единица должна существовать как «динамическая смысловая система, представляющая собой единство аффективных и интеллектуальных процессов» [50, с. 54]. Такого рода единица в принципе должна помочь в установлении динамической связи мышления и целостной активности личности.

Значительный вклад в совершенствование системных представлений о языке внес Л. Ельмслев, который уточнил и развил выдвинутые Ф. де Соссюром идеи парадигмы и синтагмы. Прежде всего можно отметить новый подход Л. Ельмслева к построению языковой системы. Он предположил, что осуществляемый на некотором уровне общности анализ не ограничивается только этим уровнем, но может продолжаться неограниченно, порождая иерархию; отсюда проистекает принципиально новое понятие продолженного анализа, весьма отдаленным аналогом которого служит понятие актуальной бесконечности.

«Описание данного объекта (текста),— писал Л. Ельмслев,— не исчерпывается разделением с одной основой для анализа, но может быть продолжено (т. е. могут быть

установлены новые зависимости) посредством других делений с иными основами анализа. В таких случаях мы будем говорить о комплексе анализов (комплексе разделений), т. е. о классе анализов (разделений) одного и того же класса (цепи)» [72, с. 290]. Следуя логике потенциально бесконечного исследования текста, Л. Ельмслев совершенно по-новому определял «дедукцию как продолженный анализ или как комплекс анализов с детерминацией между анализами, входящими в него» [72, с. 290].

Отсюда проистекала возможность существования различных продолженных анализов и порожденных ими иерархий, и возникала проблема связи между ними, что привело Л. Ельмслева к постулированию двух планов, выражения и содержания, как продуктов различных систем анализа.

Второй важный системный принцип, введенный Л. Ельмслевым, можно назвать принципом относительности. Этот принцип (он не формулировался автором достаточно четко, но постоянно присутствовал в его разработке проблем языка) состоит в том, что каждый элемент языковой системы определяется только принадлежностью к иерархии и местом, занимаемым в ней, т. е. окружением. При этом каждый уровень характеризуется только своим отношением к соседним.

Более того, и сами иерархии не имеют априорных предпочтений и, в частности, «определение не содержит требования, чтобы тот, а не иной план называли выражением или содержанием». Оба эти плана «определяются противопоставительно и соотносительно как взаимно противоположные функтивы одной и той же функции» [72, с. 318].

Принцип относительности явился развитием идеи Ф. де Соссюра о том, что каждый знак определяется только через различие с другими знаками.

Существенным достижением Л. Ельмслева в развитии системных представлений о языке стало введение понятия процесса как неразрывно связанного с системой.

«Решающим моментом является то, что существование системы есть необходимая предпосылка для существования процесса: процесс существует благодаря системе, стоящей за ним, системе, управляющей им и определяющей его в его возможном развитии» [72, с. 298].

Поскольку процесс отождествлялся с текстом (с чем, конечно, никак нельзя согласиться), то отсюда следовало, что «невозможно иметь текст, не имея языка, лежащего

в его основе», причем Л. Ельмслев и особенно его последователи расшифровали эту формулу в обратном отношении: если есть текст, то язык приложится сам собой.

Л. Ельмслев рассматривал язык в самом себе и для себя. В конечном счете это и определило неприменимость теории Л. Ельмслева [102]. С точки зрения интересующих нас отношений семиотики и психологии Л. Ельмслев был крайним антипсихологистом. Он полностью отбросил представление о внутренней форме языка, необходимость чего была показана В. Гумбольдтом, и предельно упростил проблему социальности языка, неявно продолжая линию Б. Рассела [183; 44].

Как и для всякого предельного структуралиста, единственным объектом лингвистического исследования у Л. Ельмслева оказывается текст. Соответственно и все построения и процедуры теории ограничиваются только текстом: «Поскольку лингвистическая теория начинает с текста как единственно данного и пытается прийти к непротиворечивому и исчерпывающему описанию этого текста путем анализа или последовательного разделения... постольку основные положения системы определений этой теории должны относиться к самому принципу анализа» [72, с. 281].

Пренебрежение «внутренней формой языка», т. е. теми «механизмами», которые порождают и воспринимают текст, не может оставаться безнаказанным. Поэтому в систему рассуждений Л. Ельмслева неявно вводятся «механизмы», но в чрезвычайно упрощенном и карикатурном виде. В качестве основы анализа выступает только пространственно-временное разграничение, хотя автор и говорит о необходимости введения иных оснований; в качестве процессов выступают только логические операции конъюнкции и дизъюнкции. Результатом оказывается крайний логический позитивизм всей теоретической концепции Л. Ельмслева.

Отсюда проистекает, в частности, и недостаточное внимание к индукции (синтезу) как необходимому дополнению дедукции (анализа).

Автор частично признает [72, с. 291] необходимость индукции по причине чисто логической симметрии, однако она не получила в его теории существенной разработки. И это понятно, поскольку совместное и полноправное рассмотрение дедукции и индукции как двух сторон саморазвивающегося бытия текста требует подхода к нему, как

к деятельности, что неосуществимо без включения индивида и социума (с их активным отношением к тексту) в систему исходных представлений о языке.

Нельзя не отметить, что в обсуждении проблемы субстанциональности языковых форм Л. Ельмслев допустил весьма серьезную ошибку. Приняв относительность двух планов, выражения и содержания, он пришел к выводу, что язык как система лишен субстанциональности, которая будто бы есть лишь предубеждение, основанное на недостаточном понимании относительности языковых сущностей. В данном случае принцип относительности системного описания был доведен им до крайнего абсолютизма. Поэтому необходимы некоторые разъяснения.

Прежде всего отметим, что отказ от упорядоченности отношений планов выражения и содержания противоречил лингвистическим фактам, которые были зафиксированы еще Ф. де Соссюром и в изобилии приводились рецензентами Л. Ельмслева. Например, А. Мартине подчеркивал, сколь велико генетическое значение звуковой субстанции языка: «Бо́льшая часть изменений, происходящих в системе формы выражения языков и часто, рикошетом, в системе содержания этих языков, начинается с вариантности фонем» [152, с. 460].

Можно также привести примеры того, как нарушения речедвигательной системы человека приводят к дефектам мышления [147].

Ошибочность утверждений Л. Ельмслева не вызывает сомнений и, казалось бы, его теорию следует отвергнуть как порочную в своей основе. Однако нам представляется, что более продуктивным будет другое отношение к глоссематике. В научном отношении бо́льшую пользу принесет выявление источника ошибок Л. Ельмслева и соответствующая корректировка его построений.

Во-первых, когда знак рассматривается как единство звука и значения, то при подмене этого определения на единство материального и идеального мы теряем всякую специфичность знака. Действительно, любой материал в человеческой деятельности приобретает функции и свойства, т. е. становится предметом, синтезирующим в себе материальное и духовное.

Единство звука и значения Л. Ельмслев рассматривал как единство физического и функционального. Взятые изолированно, физический и функциональный планы неразличимы, более того — физический план это также

и функциональный план. Ведь звук, как носитель знака есть различимый звук; это — звук для слушающего человека, т. е. вновь только знак. Следовательно, когда говорят о единстве звука и значения, то неявно подразумевают единство одного знака и другого знака. Но почему один знак должен иметь преимущество перед другим знаком, если все они входят в системы продолженного анализа и каждая из последних определяется только выбранным функциональным отношением. Следует признать, что этому рассуждению нельзя отказать в убедительности за тем исключением, что в основе должно лежать не противопоставление физического и функционального, но противопоставление физиологического и психологического.

Вне системы человеческого бытия понятие знака введено быть не может. Материальное в знаке проявляется через реализующие его физические процессы. Значение знака — в опосредованности, в принадлежности к сфере регулирования сознательной активности (к социальному познанию и его индивидуальному воплощению в мышлении). Поэтому ошибки Л. Ельмслева не в логическом развертывании его теории, а в применении ее к плохо сформулированным понятиям. С учетом этой корректировки построенная Л. Ельмслевым глоссематика может рассматриваться как детальная разработка одного из моментов математического описания языка.

Таким образом, Л. Ельмслев сделал важный шаг в направлении развития системных представлений о языке, но при этом в силу очевидных познавательных трудностей отбросил и включенность языка в социальную деятельность, и общую онтологическую природу языковых явлений. В результате он получил не теорию языка, не лингвистику или семиотику, но формальную теорию, некоторую частную абстракцию языковой системы, полезный, но ограниченный аппарат анализа, что признал и сам автор: «Чтобы подчеркнуть отличие данной теории от предшествующей лингвистики и ее абсолютную независимость от неязыковой субстанции, мы дали ей специальное название... *глоссематика*» [72, с. 336].

Подводя итоги краткому изложению развития идеи единицы и системы, мы можем отметить следующее.

Важнейший результат Ф. де Соссюра состоял в формулировке противопоставления «единица — элемент», которое связано с развитием структурных представлений в химии. Элементами для него стали звук и значение,

синтез которых давал искомую единицу. Л. С. Выготский полностью воспринял антиномию «элемент — единица», но выбрал в качестве единицы значение, которое включил в систему обобщения. Новое понимание и единиц, и слагаемой из них системы предложил Л. Ельмслев, который показал, что анализ на единицы не может быть остановлен на каком-то уровне, но должен рассматриваться как потенциальная бесконечность.

Представление об актуальной бесконечности постепенно осознается как необходимый аспект моделирования психики, но здесь требуется дальнейшая разработка представлений о единице речи-мышления. Эта работа невозможна без привлечения психологических знаний.

2. Внутренняя форма языка

Введенное В. Гумбольдтом понятие внутренней формы языка должно было стать «механизмом», содержание которого принадлежит психике, а продукт функционирования есть язык. Однако дальше постановки самой проблемы В. Гумбольдт не продвинулся. Понятию внутренней формы языка предстояло пройти долгий путь методологической эволюции, прежде чем оно приобрело тот уровень определенности, который позволял осуществлять на его основе конкретно-теоретическое и экспериментальное исследование языковой деятельности и строить математические модели.

Один из подходов к разработке понятия внутренней формы языка связан с психологическим направлением в языкознании, и прежде всего с работами В. Вундта, который неоднократно подчеркивал и принадлежность этого понятия к области психологического исследования, и его ключевое значение в языкознании. Вместе с тем функциональное развертывание этого понятия в системе психологического знания, как оно осуществлялось В. Вундтом, нельзя признать удовлетворительным, что легко можно установить по следующему высказыванию: «Как внешняя форма языка бесспорно проявляется лишь в конкретном, действительно существующем языке, точно так же под внутренней формой языка мы должны подразумевать лишь сумму фактических психологических свойств и их взаимоотношений, которая порождает внешнюю форму как свой результат» [48].

Значение работ В. Вундта заключалось в том, что он отнес внутреннюю форму языка к сфере психики; этим лингвистические законы ставились в зависимость от психологических. Но В. Вундт не сумел ни раскрыть порождение языка в его внешней форме, ни выявить создание внутренней формы. Без этих процессов понятие внутренней формы языка оказывалось чисто психологическим, не способным отразить специфику языковой действительности: социальный характер языка и системность знака.

Принципиально новым и конструктивным этапом в разработке понятия внутренней формы языка стали теоретические и экспериментальные исследования Д. Н. Узнадзе [217, 218] и его учеников [253 и др.].

Внутренняя форма языка была рассмотрена как разновидность установки. Тем самым к понятию внутренней формы удалось приложить всю систему экспериментальных фактов и теоретических определений, которые были найдены и разработаны в русле психологической концепции установки.

Исходными моментами в исследовании языка Д. Н. Узнадзе считал социальную заданность, проявление в активности и системность, причем последнему обстоятельству он придавал особое значение: «Язык — не только речь, не только активность субъекта... но также и определенная система знаков, которую уже в готовом виде застает каждый говорящий субъект и без которой невозможна никакая речь» [218, с. 433].

Все специфические свойства языка он выводил из представлений о внутренней форме, как об установке особого рода. Задачи соответствующей методологической и теоретической работы он формулировал следующим образом: «Если понятие внутренней формы языка — законное понятие, то тогда оно должно... во-первых, объяснить факт объединения, факт синтеза значения и звуковой формы в слове; затем должно учесть двойную природу языка — психологическую и логическую, и, наконец, оно само по себе не должно быть ни тем, ни другим, но все же принадлежать к языковой действительности» [218, с. 433].

С целью изучения внутренней формы языка под руководством Д. Н. Узнадзе было выполнено несколько экспериментальных исследований по традиционной схеме изучения установки.

В одном из экспериментов изучалось, например, поведение людей, говорящих достаточно свободно на двух

языках (явление билингвизма). Как и во всех экспериментальных исследованиях школы Д. Н. Узнадзе, структура языковой установки выявлялась в результате резкой смены ситуации. В данном эксперименте неожиданно для испытуемого один язык сменялся другим. При этом удавалось наблюдать функционирование установки, сформировавшейся для первого языка, в отношении слов второго языка. В последовательность слов одного языка, предъявляемых для тахистоскопического познания, включалось слово другого языка. Чтобы задача решалась в пределах сформированной языковой установки, подставное слово лишалось внешних признаков, создающих затруднения в опознании и тем включающих механизмы перестройки исходной установки (такими признаками могли бы стать буквы, не входящие в алфавит первого языка). В эксперименте наблюдалось, что опознание слова второго языка происходило в правилах чтения и произношения первого языка, т. е. срабатывала исходная установка.

В результате Д. Н. Узнадзе пришел к выводу, что, прежде чем начать говорить, «субъект претерпевает определенное изменение целостного характера, проявляющееся в установке на действие в определенном направлении... в этом одном направлении и развертывает он свою активность» [218, с. 435].

Из данного и многих других экспериментов следовало, что установка опосредует и направляет языковую активность испытуемого. Обобщая экспериментальные и теоретические результаты, Д. Н. Узнадзе пришел к выводу, что «установка выполняет именно ту роль, которую Гумбольдт отвел внутренней форме языка» [218, с. 436].

Подход к внутренней форме языка, как к установке, позволяет построить психологический механизм связи индивидуального и социального. Через категорию языковой установки объясняется единство звука и значения; установка определяет ту систему различий, которая придает знакам их значимость, делает из отдельных знаков систему. Как целостность установка представляет собой обобщение. Таким образом, языковая установка оказывается ключевым звеном в структуре лингвистических понятий. В то же время установка (в том числе языковая) остается психическим образованием, должна быть включена в эволюционно-генетическую систему психики. В частности, такое свойство психики, как забывание,

должно отражаться на языковой установке, приводя к изменению знаковой системы [73].

Исследуя способность ребенка к формированию произвольной языковой установки, Д. Н. Узнадзе выявил некоторые новые аспекты онтогенеза речевой активности, и ее связь с развитием мотивационной сферы ребенка.

Развивая концепцию установки применительно к языковому мышлению, А. Шерозия показал, что включение внутренней формы языка в число лингвистических категорий снимает абсолютную конвенциональность всякого знака [253]. Прежняя лингвистика признавала, что язык порожден в совместной согласованной активности общества, однако стабильность языка объяснялась только невозможностью согласовать желаемые изменения в нем. Из простого на первый взгляд факта принадлежности языковой установки к целостной установке человеческой активности следовал важный вывод.

Поскольку предметная и социальная активность каждого человека предполагает адекватное отражение действительности, то язык, будучи этим отражением, не произволен, а объективен. Причем язык здесь выступает уже не как совокупность внешне данных продуктов речевой активности (слов, предложений, текстов), но как единство последних с установкой.

А. Шерозия, используя понятие многослойности установки, пришел к дифференциации представлений о внутренней форме языка. В частности, он подчеркнул необходимость понятия языковой установки на бессознательном уровне и наметил способы экспериментального исследования процессов ее актуализации.

Связь языка с процессами объективации, осознания установки и субъекта в ней ведет к необходимости исследования рефлексивной структуры языка.

Важным, хотя и незавершенным направлением можно считать намеченное Д. Н. Узнадзе различение функций языка в деятельности и в общении, что является результатом различий соответствующих установок. Процедура речевого общения предполагает, по мнению Д. Н. Узнадзе, наличие согласованных установок и у «активного», и у «пассивного» субъектов говорения. Вместе с тем неизбежное рассогласование полярных установок приводит к тому, что «каждое понимание есть одновременно и непонимание», пассивность слушающего есть также его активность, а включение установки в целостную систему

психики служит причиной того, что диссонансы понимания служат источником, динамической причиной творческого общения, стимулируя развертывание мыслительных процессов, и в конечном счете ведут к перестройке предметной деятельности. Аналогичные идеи легли в основу исследований Бахтина. Сравнительно недавно они нашли отражение в математических моделях диалога, построенных Г. Паском.

Как известно, в концепции установки Д. Н. Узнадзе недостаточно развиты процессуальные аспекты активности, что сказалось также на интерпретации языковой действительности.

В рамках интересующей нас проблемы отношения психологии и лингвистики мы можем сказать, что достижени і Д. Н. Узнадзе и его учеников в исследовании языковой установки наметили пути дальнейшего развития представлений о функциональной единице языка. Понятие внутренней формы языка как бы замыкает языковую цепь, а текст получает в качестве необходимого дополнения и отправителя, и адресата.

Вместе с тем Д. Н. Узнадзе точно очертил границы психологии и языкознания, указав на подчиненную роль последнего. Нельзя не отметить конструктивный характер исследований Д. Н. Узнадзе, чем обеспечивается возможность их последующего использования для создания математической психологии.

Самая простая мысль или новое кардинальное утверждение могут быть поняты и осознаны только в контексте своего развития. Историко-генетический анализ взаимоотношений психологии и семиотики позволил нам уяснить содержание тех проблем, которые родились на стыке двух наук, и наметить некоторые направления их решения. Одна из таких проблем связана с внутренней формой языка.

Сравнительно недавно Н. Хомский, один из ведущих американских специалистов в области математической лингвистики, предложил ввести понятие компетенции как необходимого элемента в системе языка [242]. Для многих это понятие показалось новым и интересным, обещающим решить насущные задачи современной лингвистики. Между тем под термином «компетенция» было возрождено традиционное понятие внутренней формы языка.

Н. Хомский подчеркивает, что понятие компетенции вводится им для того, чтобы раскрыть те глубинные меха-

низмы, которые лежат в основе мышления, и в частности речевого акта. Он вполне самокритично отмечает: «Теория порождающих грамматик... указывает на одну понятийную лакуну в психологической теории, которую... стоит упомянуть. Психология, понимаемая как „поведенческая наука"... не располагает понятием, соответствующим „компетенции"» [242, с. 90]. Нельзя не согласиться с тем методологическим выводом, к которому пришел Н. Хомский — математик, психолог и лингвист: нельзя построить плодотворной теории усвоения знаний, если ограничиваться «системой связей стимулов и реакций, сетью ассоциаций, набором поведенческих единиц, иерархией привычек или системой предрасположений к ответам определенного характера при заданных стимульных условиях» [242, с. 91]. Итак, мы видим, что при построении математических моделей языка и мышления Н. Хомский перешел от конкретно-научных к общеметодологическим проблемам, поставив задачу коренной перестройки психологии и лингвистики.

Но только отказ от поведенческой концепции еще не достаточен для полной передачи психологического содержания. Необходимы еще два важнейших методологических шага: включение поведения и компетенции в целостную систему социальной активности, в частности в систему отношений общества с окружающим миром, и подход к человеку, как к сложному целому, в единстве всех его рациональных, иррациональных, эмоциональных, биологических и других аспектов

Именно такой подход и был в общих чертах реализован Д. Н. Узнадзе, и можно только сожалеть, что его работы остались неизвестными Н. Хомскому, потому что в них содержатся теоретические положения и экспериментальные данные, которые могли бы способствовать содержательному развертыванию понятия компетенции.

Включение понятия компетенции в целостную систему психологических и лингвистических представлений позволяет получить ряд конструктивных выводов, которые могли бы использоваться в математическом моделировании. Здесь можно отметить, например, что компетенция как психическое образование должна подчиняться кинематическим и динамическим законам психического, включая эмоциональные факторы. Компетенция должна иметь структуру, соответствующую структуре человеческой активности.

Далее. Представления об объективации установки во внутреннем осознании, развитые Д. Н. Узнадзе и полностью применимые к понятию компетенции, ставят вопрос о механизме порождения новой языковой установки и предполагают наличие языка внутреннего общения, что, возможно, объясняет эффекты эллипса (умолчания), мифологизации, вытеснения и т. п.

Наконец, нельзя забывать, что язык как социальная данность представляет собой систему операций, которые подлежат интериоризации, сопровождающейся развертыванием языковых структур. В то же время язык как экстериоризация психических процессов является отображением порождающих его механизмов.

Следует подчеркнуть, что введенное Н. Хомским понятие компетенции содержит представление о *бесконечном развертывании* мыслительных процессов при порождении и восприятии речевого высказывания, чем развиваются взгляды Л. Ельмслева.

Вместе с тем нельзя не отметить, что постановка Н. Хомским проблемы компетенции чрезвычайно полезна и имеет непосредственное отношение к математической психологии; весьма существенно то обстоятельство, что эти конструктивные идеи направлены к дальнейшему обогащению психологического содержания формальных схем.

В период широкого увлечения математическим моделированием, построением роботов и созданием искусственного интеллекта привлечение внимания к диалектичности знака, указание на его психологическую природу будет способствовать более строгому ограничению сфер применения и интерпретации результатов упомянутых исследований и тем самым повышению их эффективности.

3. Роль знака в системе психики

Проблема отношений психологии и семиотики понималась различно разными исследователями. Ф. де Соссюр, по-видимому, первым произвел строгое разграничение внешних аспектов языка, определяемых характеристиками (в том числе психологическими) его носителя, и внутренних аспектов, фиксируемых в процессе функционирования самого языка.

Соответственно формы взаимодействия психологии и семиотики можно разбить на внешние и внутренние. Внут-

ренняя общность языка и психики позволяет психологам воспользоваться результатами значительной методологической работы, проделанной лингвистами в плане совершенствования системных представлений.

Прежде всего следует упомянуть о фундаментальном различении синхронии и диахронии, которое последовательно раскрыл Ф. де Соссюр. Этому различению соответствуют два различных подхода в психологических исследованиях, которым, в известном приближении, можно сопоставить концепции Д. Н. Узнадзе и С. Л. Рубинштейна.

В работах Д. Н. Узнадзе [217; 218] и его последователей акцент ставится на синхронию психического, что прямо следует из центрального понятия установки.

С. Л. Рубинштейн, напротив, постоянно подчеркивал процессуальность психического или, пользуясь лингвистической терминологией, ее диахроничность. В настоящее время последовательным диахронистом можно считать А. В. Брушлинского, который, кстати, в исследовании психики основное внимание обращает на ее процессуальные аспекты [26].

При всей условности проводимая аналогия обладает несомненной эвристической ценностью, поскольку позволяет осознанно строить два взаимодополнительных плана психологических исследований.

Психология, в свою очередь, может существенно дополнить системные представления лингвистов. Во-первых, психические процессы (диахрония) исследованы значительно подробней, чем лингвистические, которые составляют как бы часть психических и одновременно включают все психические процессы [1]. Во-вторых, в синхроническом плане лингвистам следовало бы воспользоваться представлениями психологов о структуре сознания, об оперативной и долговременной памяти и т. п.

Наиболее важным психологическим понятием, которое способно существенно продвинуть лингвистические исследования, является понятие деятельности (активности). В последнее время выделены многие важные моменты языковой деятельности [126; 260; 262]. Однако в этих исследованиях остаются нераскрытыми психические ме-

---

[1] Например, знаки появляются на сравнительно поздних этапах процесса восприятия. Вместе с тем весь процесс восприятия может быть представлен как семиотический процесс.

ханизмы включения человека в языковую деятельность, а затрагиваются либо внешнепсихологические аспекты речевого акта, либо социальные нормативы языка.

Ориентированные на построение математических моделей разработки системы человеческой активности, где язык был бы необходимым звеном, только начинаются. Здесь можно подчеркнуть лишь некоторые моменты, которые развивают предложенное Н. Хомским понятие компетенции и должны быть включены, по нашему мнению, в конструкции математической лингвистики и математической психологии.

В человеческой активности, направленной на преобразование внешнего мира, выделяются вторичные процессы, находящиеся в особом отношении к первичным процессам преобразования. Вторичные процессы важны не сами по себе, но в силу особого отношения (отражения и регуляции) к процессам в преобразуемом материале.

Изучение вторичных процессов начинается на абстрактном уровне. Подобно тому как при изучении целостной активности вычленяются некоторые устойчивые состояния, дробящие процесс активности на отдельные операции, так и в отражении выделяются отдельные устойчивые состояния, которые идентифицируются как знаки. Мы преднамеренно изменили привычный подход к определению знака, чтобы выступила более отчетливо его деятельная природа, но мы нисколько не разрушили обычных атрибутов знака. При подходе к знаку, как к моменту человеческой активности, будут полностью сохранены двойственная природа знака, его социальность, благодаря которой он формируется в совместной деятельности, и другие свойства. Этот подход позволяет перейти к понятию значения, разработанному Л. С. Выготским [50; 51; 52] и А. Н. Леонтьевым [129; 131].

Вместе с тем подход к знаку, как к абстрактному представлению устойчивого состояния активности, подчеркивает необходимость перехода к более конкретным процессуальным представлениям и ставит ряд новых семиотических проблем.

Ранее мы уже говорили о том, что усвоение языка следует изучать как процесс включения в операцию. Поскольку язык как знаковая система есть абстрагированное представление процесса отражения, то он одновременно выступает и средством отражения (и средством активности в целом). Следовательно, наряду с изучением генетиче-

ского процесса включения в языковые операции необходимо исследовать и процесс присвоения средства. Иными словами, нужно изучать распредмечивание и опредмечивание в системе «человек — язык», учитывая при этом двойственную природу этих процессов в такой системе. Наряду с дифференциацией языка соответственно уровням активности нельзя забывать о единстве всех форм активности в материальном субстрате. С точки зрения психологических проблем языка это означает, что мы должны учитывать единство языка для разных уровней активности, разных установок и оперативных систем. Знак оказывается как бы ключом сразу ко всем замкам. Разные значения и смыслы сосуществуют благодаря материальному единству знака.

Но и последнее единство расщепляется при последовательной реализации психологического подхода. Как отмечал Д. Н. Узнадзе, установки говорящего и слушателя различны. Следовательно, мы должны относить многообразие знака к единству системы «говорящий — знак — слушающий», что отличается от функционирования знака в подсистемах «говорящий — знак» и «знак — слушающий». Именно этот аспект анализа языковой действительности имел в виду Ф. де Соссюр.

Итак, рассмотрение знака в качестве устойчивого состояния во вторичной активности породило ряд вопросов о месте знака в целостной структуре активности человека. Дальнейшее развитие математической психологии будет связано, по нашему мнению, с конкретизацией процессуальных аспектов вторичной активности, от которых абстрагирован знак в его современном понимании.

Знаки представляются нам устойчивыми объектами, которые могут сохраняться достаточно долго без заметных изменений. Знак легко не понять, знак нетрудно исказить. Знак как объект подвержен изменениям, но как сущность он статичен. Между тем деятельность (и активность) — это прежде всего процессуальность.

Обсуждение вопросов о месте знака в процессах активности следует продолжить с выяснения проблемы отношения статического и кинематического. Процессуальность как временнáя непрерывность может быть передана только непрерывным процессом.

Знак — статичен. Неподвижность — антитеза движению. Движение не есть сумма состояний неподвижности. Процесс регуляции не сводится к системе знаков.

Между неподвижностью и движением лежит условный переход, который сопровождается разрывом понятий, что прекрасно показано в апориях Зенона [213]. В анализе движения состояние есть как бы неподвижность, не эквивалентная актуальному покою. Отсюда понятно, что статические представления порождаются статичностью знаковых средств, а устойчивость некоторых состояний процессов активности создает возможность возникновения знака (через активность).

Письменность, а еще раньше рисунок позволили зафиксировать подмену процесса состоянием. Звук, звучащий голос есть процесс, который идентифицируется как знак благодаря потенциальной возможности перевода в устойчивое состояние гортани, в образ или письменный знак. Эта процедура позволяет «замораживать» движение и обозначать процессы знаками. Поэтому знак как таковой не является процессом отражения. Чтобы вернуться в исходную процессуальную форму, знак должен быть воспринят, т. е. превратиться в психический процесс. Таким образом, в реальном бытии знаков подмена процессуальности стационарностью только кажущаяся, но именно эта «кажимость» абсолютизируется в современной семиотике, из чего проистекают многие недоразумения теоретических построений, примером которых служит глоссематика Л. Ельмслева.

Не случайно, столкнувшись с необходимостью создать эффективные семиотические системы, специалисты в области искусственного интеллекта ставят эту задачу как согласование потоков активности [18].

Пренебрежение процессуальными аспектами знака особенно заметно, когда он механически дробится или суммируется, и при этом выясняются «смысловые» отношения между частями и целым. Разумеется, такое манипулирование не имеет ничего общего с реальной соподчиненностью процессов отражения. Системные свойства знаков могут быть выявлены только после включения их в процессуальную целостность и последующего разбиения на функционально полные системные единицы (молекулы, клетки). Знак абстрагируется именно из этих единиц, и знаки более крупного или меньшего масштаба могут быть выделены из единиц соответствующего уровня.

Содержательность механических преобразований знаков, семантика синтаксиса может быть выявлена через отношение к соответствующей деятельности субъекта.

Отсюда, в частности, понятно, что предмет математического моделирования психосемиотических явлений составляет не знак как неподвижный объект, хотя бы и двойственной природы, и не статичная структура, но процесс, взятый в отношении к некоторому другому процессу. Чтобы понять сущность знака, мы должны раскрыть его процессуальность, но содержание процесса может быть понято только в общей системе человеческой активности.

Мы часто говорили выше о включенности лингвистики в семиотику, но всегда отводили первой особое изолированное место внутри второй.

Обращение к понятию процесса позволяет уточнить отношения двух научных областей и перенести понятие установки, развитое Д. Н. Узнадзе применительно к естественному языку, на любые знаковые системы. Языковая установка, как устойчивая, социально нормированная функциональная подсистема человека, конструктивно фиксирует все основные аспекты естественного языка. Модификация понятия языковой установки может идти в двух направлениях.

Первое соответствует «искусственным» знаковым системам, которые используют в качестве основы обычный язык. Таковы конвенциальные системы, создаваемые согласно общему условию, договору, например азбука Морзе. Формирование соответствующей установки подчиняется кинематическим и динамическим закономерностям, экспериментально исследованным Д. Н. Узнадзе и его последователями. Здесь установка как целое создается при участии сознания и воли.

По второму направлению складываются языковые установки, использующие «естественные» процессы пользователей языка. В процессе общения информатор генерирует сигналы, соотносимые с процессами адресата. При этом следует различать два вида «естественных» знаковых систем. Первые создаются на основе инстинктивных установок; они стабильны и представляются как бы заложенными генетически. Вторые возникают непроизвольно в ходе совместной предметной деятельности. При этом наиболее простой механизм образования знаковой системы может складываться на основе обратной связи, когда вместо собственного сигнала обратной связи субъект принимает сигнал партнера.

Даже краткая характеристика возможных типов знаковых систем показывает их неразрывную связь с соот-

ветствующей установкой. Эта взаимная связь является второй причиной общности знаковых систем различных народов, дополняя первую, заключенную в единстве предметного мира.

Таким образом, исследования семиотических проблем психологии или, что то же самое, психологических аспектов семиотики показывают необходимость учета того, что В. Гумбольдт называл внутренней формой языка, Д. Н. Узнадзе объединил с понятием установки, а Н. Хомский свел к компетенции. Однако мы вынуждены отметить недостаточность системных представлений психологии и семиотики — нужно брать единицу психической деятельности или передачи информации и затем в ней и применительно к ней выявлять знаковые системы. Далее следует отметить отсутствие разработанных понятий и формальных схем, необходимых для описания установки или компетенции, прежде всего понятия структурирующей функции знака для получателя и передатчика и, возможно, деструктурирующей функции для передатчика. В целом существующие концепции знака страдают статичностью; нужна процессуальность, нужна функциональность в смысле участия в активности, нужна активность как параллельная, так и встречная в процессах коммуникации.

4. Семиотика и теория информации

Возникновение теории информации обычно рассматривается как прямой результат развития техники передачи сообщений, как ответ на потребность инженерного расчета сложных систем передачи данных. Отсчет времени создания теории информации ведут от момента выхода в свет (1948 г.) статьи К. Шеннона «Математическая теория связи» [252]. При этом в лучшем случае упоминают имена его предшественников Х. Найквиста, Р. Хартли и других (см., напр., [225, с. 31]).

Взаимодействие теории информации с семиотикой, психологией и социальными науками понимается как результат наложения абстрактной схемы теории информации на предметное содержание гуманитарных наук. Действительно, применение количественных соотношений теории информации было следствием опубликования ряда статей К. Шеннона [252] и блестящих научно-популярных работ Н. Винера [40—43].

Однако сам К. Шеннон совершенно недвусмысленно подчеркивал, что основная идея измерения количества информации была им заимствована у Р. Хартли [252, с. 244]. И дело не столько в престиже, сколько в исходных понятиях, в принципе схематизации действительности, которые легли в основу предложенной количественной меры. Такие понятия, как знак, алфавит, выбор из множества допустимых сообщений, не являются продуктом одной лишь техники, но получены в результате длительного осознания метасемиотической деятельности. В конечном счете именно механизм этой деятельности, как опредмеченный продукт социального мышления, будучи воспринят и осознан в акте индивидуального научного творчества, получил выражение в форме абстрактной теории. Собственно, концептуальная схема, применяемая в теории информации, особенно в пионерских исследованиях, была предельно проста и известна за много столетий до момента создания теории. Развитие системных представлений лингвистики, подкрепленное совершенствованием техники преобразования сообщений, способствовало тому, что теория информации возникла в современном виде.

В сознательной человеческой активности используются особые объекты — знаки. В предметной деятельности, направленной на овладение внешним миром, знаки участвуют в управлении преобразованиями объекта. Соответственно структуре активности всякий знак характеризуется наличием трех необходимых признаков: означающего (материальная данность), означаемого (отнесенность к объекту деятельности), регулирующего (участие в деятельности). Первый признак делает возможным существование знака как некоторой реальности, второй определяет, но не полностью, семантический аспект знака, третий служит основой для выделения прагматического аспекта знака.

В ходе социально-производственной эволюции процессы преобразований знаков отрывались от преобразования объектов предметной деятельности, получали как бы независимое существование в псевдофизическом пространстве других знаков, приобретали статус (только статус!) объектов. Рассмотрение знака в качестве элемента метазнака или разбиение знака на составные части образует синтаксический аспект знака и выделяет его в качестве квазиобъекта.

Отделение знака от первоначально слитной человеческой деятельности привело к возникновению особой квазипредметной, знаковой деятельности, направленной на преобразование знака как объекта. При этом материальная воплощенность знака элиминировалась и сохранялась его псевдопространственная соотнесенность с другими знаками. Разрыв единства объектного и регулирующего планов деятельности стал основой для создания средств связи, техники преобразования и передачи знаков (сообщений). Возникшая в ходе последующего технического развития конструкция системы связи была использована при создании концептуальной схемы описания процессов функционирования знаков в деятельности человека.

Подчеркивая генетическое родство теории информации с техникой передачи сообщений, мы тем не менее хотели бы указать на ряд иных предпосылок, приведших к ее появлению. Ранее отмечалось, что социальная деятельность, связанная с языком, существует в трех формах. Первая (грамматика) нацелена на задачи обучения. Вторая возникла как результат переноса в языкознании естественнонаучной методологии и более всего развилась в плане сопоставления языков. Наконец, третья форма относится к классу технической деятельности и предназначена для переработки сообщений.

Если два первых направления могли существовать до появления письменности, то третье стало возможным лишь после того, как знак выделился в качестве физического объекта, на который была обращена предметная деятельность. Знаки передавались, создавались, воспроизводились, подобно другим элементам предметного мира человека. Все это и привело в конечном счете к появлению особой формы социального производства, имевшего свою технологию и способ получения продукта. На первый взгляд эта техника не отличалась от других методов преобразования мира, что позволяло применить законы физики, принципы разделения труда, т. е. использовать преимущества любого социального производства.

Вместе с тем техника связи содержала ряд особых моментов, которые отсутствовали в других сферах производства и были обусловлены двойственной природой этого объекта производства. Именно специфика техники передачи сообщений, которая проявилась с самого момента ее возникновения, позволила отчетливо увидеть те аспекты языка, которые оставались незамеченными в двух пер-

вых формах метаязыковой деятельности: грамматической (педагогической) и сравнительной (естественнонаучной). Особенно четко зависимость знака от внутренней формы языка проявлялась в тайнописи. Первоначально эта зависимость даже мистифицировалась. Например, в Азии и Греции существовал такой способ передачи секретных сообщений. Вокруг палочки обматывалась полоска кожи. На нее наносился текст. После этого полоска снималась, и на ней оставался бессвязный набор значков. Прочесть текст мог только получатель, имевший палочку, тождественную первой. Вся процедура казалась настолько изумительной, что древний индийский мудрец Шветашвара рассматривал процесс познания как поиск подходящего способа свертывания в единый текст разрозненных букв: «Когда люди свернут пространство подобно куску кожи, настанет конец горю без знания бога» [71, с. 256].

Стремление сохранить значение вне зависимости от конкретного материального воплощения привело к созданию разнообразных методов кодирования сообщений. История передачи сообщений посредством световых сигналов наглядно демонстрирует, как совершенствовались методы кодирования [70]. Так, первоначально огонь костра имел только одно значение: приближение неприятеля. Затем изменением длительности горения удавалось передавать несколько сообщений. К концу античного периода существовали системы светового телеграфа, которые были основаны на принципах двухпозиционного пятизначного кодирования отдельных букв, что позволяло передавать любое письменное сообщение.

Развитие техники связи вело к пониманию системности знака: алфавит как необходимая минимальная знаковая общность, знак как элемент общности, однако научное осознание этого практического вывода пришло не сразу. Новая техника связи XIX в. усовершенствовала прежние принципы кодирования. Одновременно диалектические, системные принципы исследования пришли на смену механистическому мышлению. Начатый в работах В. Гумбольдта системный подход к языкознанию был продолжен Ф. де Соссюром. Гениальный методологический прорыв швейцарского лингвиста, определивший на полстолетие развитие языкознания, был, в частности, следствием осознания достижения техники связи. В «Курсе общей лингвистики» мы находим первые элементы системного синтеза трех основных форм семиотической дея-

тельности. Стремясь строго определить предмет языкознания, Ф. де Соссюр обращается к примеру азбуки Морзе [207, с. 56], и можно предположить, что это обращение не было случайным, но проистекало из желания осмыслить те общие черты, которые становились все более отчетливыми по мере развития и лингвистики, и техники связи.

Нет ничего удивительного в том, что создатель современной теории информации Р. Хартли, предлагая способ измерения количества информации, исходил из той же самой ситуации: перевод букв обычного языка в азбуку Морзе [240, с. 6—7] [2].

К. Шеннон, воспользовавшийся результатами Р. Хартли, не анализировал исходную реальность, и для него логарифмическая мера числа сообщений оказывалась следствием математического удобства [252, с. 244], тогда как для первооткрывателя Р. Хартли логарифмическая мера возникла как следствие конструктивного описания деятельности дешифровщиков.

Чтобы оценить значение понятийных нововведений, предложенных Р. Хартли, попытаемся подойти к ситуации, взятой им в качестве исходной, с позиций психологии начала XX в. Пусть некоему психологу-экспериментатору необходимо определить, какое количество знаков способен передать телеграфист в единицу времени. Для решения этого вопроса ему пришлось бы предъявить испытуемым определенное число знаков и замерить время, в течение которого они будут обработаны. Психолог, конечно, поймет, что экспериментальная задача может иметь разную психологическую сложность в зависимости от некоторых неизвестных качеств предъявляемого материала. Чтобы охватить весь диапазон возможных случаев, он предложит для передачи два различных задания: набор бессмысленных букв и обычный литературный текст, — после чего зафиксирует временные и точностные показатели. Однако наш предполагаемый психолог, несомненно, увидит, что останется еще много признаков, которые ему не удастся исследовать в эксперименте: бессмысленные последовательности букв не похожи одна на другую, а литературные тексты — тем менее. Поэтому прав был бы критик того времени, заявляя, что экспериментальные

[2] Заметим, что азбука Морзе не создала ничего принципиально нового по сравнению с системами кодирования древних народов.

результаты не позволяют прогнозировать скорость передачи знаков по телеграфу. Свою критику он основывал бы на том, что слишком многое зависит от *качества* текста: от его понятности, содержания и т. п. Суммируя свое отношение к проблеме, критик, возможно, сказал бы, что подсчитывать число знаков, описывая работу оператора, наивно, что нужны новые подходы и новые методы. Таким подходом и явилась теория информации, которая каждому знаку приписала определенную «стоимость»: количество информации, получаемое при поступлении знака.

Исходным пунктом исследования Р. Хартли стала именно деятельность телеграфиста.

Стремясь выявить смысл понятия информации, он рассматривает факторы, которые являются существенными при передаче сообщения. Способ рассуждения, к которому прибегает Р. Хартли, напоминает обычный прием построения математической модели. «Прежде всего должна существовать группа физических символов — слов, точек, тире и т. п., имеющих по общему соглашению известный смысл для корреспондирующих сторон. В любой данной передаче отправитель мысленно выбирает тот или иной символ и путем какого-либо материального процесса... направляет на этот символ внимание получателя. В результате последовательных выборов вниманию получателя предлагается последовательность символов» [240, с. 6].

Итак, анализируя операционный состав деятельности телеграфиста, он обращает внимание на особую *операцию выбора*, благодаря которой оказывается возможной передача текста. Эта операция становится предметом математического моделирования, и полученные количественные характеристики переносятся на весь текст. При этом игнорируются и необходимость предварительного согласования двух множеств выборов, и возможность несовпадения этих множеств. С последним обстоятельством Р. Хартли расправляется чрезвычайно легко, относя его на счет психологических факторов. «Для двух лиц, говорящих на различных языках, число возможных символов пренебрежимо мало по сравнению с их числом для людей, говорящих на одном и том же языке. Желательно поэтому исключить привходящие психологические факторы и установить меру информации в терминах чисто физических величин» [240, с. 7].

Ограничившись операцией выбора, Р. Хартли ищет количественную характеристику, которая отражала бы

соответствующий процесс. Отсюда вытекало следующее требование: «Для того, чтобы мера информации имела практическую, инженерную ценность, она должна быть такой, чтобы информация была пропорциональна числу выборов» [240, с. 11].

Этому условию удовлетворял «логарифм числа возможных символов». В частности, если в качестве основания логарифма бралось число 2, то мера информации, содержащаяся в одном знаке, равнялась числу двоичных выборов, необходимых для выделения данного знака из всех возможных.

Интересно, что Р. Хартли неоднократно противопоставлял свой подход психологическому («мы должны установить меру, не зависящую от психологических факторов»), несмотря на отчетливое осознание им того факта, что «число символов, которыми располагает передающий оператор, при том или ином выборе ограничено соображениями скорее психологическими, чем физическими» [240, с. 11]. Дело даже не в том, что Р. Хартли исподволь учитывал психологические соображения при построении своей концепции, но прежде всего в том, что предложенная им мера не вышла за пределы синхронического множества альтернатив; ведь информация, содержащаяся в знаке, определяется только числом эквивалентных двоичных выборов, и никакие физические характеристики при этом не присутствуют.

Предложенный им метод стал первым шагом на пути конструктивного измерения психологической сложности знаковых систем. После введения меры, которая учитывает в сообщении не только количество знаков, но и размеры исходной совокупности, мы получаем возможность количественно оценивать системное качество знака и косвенно измерять сложность соответствующего психического процесса.

Наше обращение к истории зарождения теории информации позволяет лучше понять ее содержание и точнее очертить область применения. Теория информации отразила функциональные характеристики механизмов деятельности по передаче сигналов. Вместе с тем в исторической перспективе становятся более заметными методологические ошибки в интерпретации теории информации. Например, операционализм в объяснении содержательного смысла информационной меры.

В процессе построения и употребления технических систем необходимо учитывать их физическую природу. Анализируя содержание теории информации, иногда забывают о том, что она — продукт абстрагирования знаковой деятельности человека. За физической реализацией технических устройств порой забывают семиотическую природу информационных процессов. При этом информация приравнивается к физическим свойствам тел (наряду с массой, энергией), а теория информации относится к области физики.

Среди подобных заблуждений, повторявших ошибочные методологические интерпретации Р. Хартли, наиболее яркий пример составляют воззрения Ж. Пиаже — одного из крупнейших современных психологов.

По заданию ЮНЕСКО Ж. Пиаже участвовал в коллективном труде о современных тенденциях в общественных и гуманитарных науках, где подготовил разделы, посвященные изучению междисциплинарных связей и положению этих дисциплин в системе наук. Результаты своей работы он изложил на XVIII Международном психологическом конгрессе в Москве [174]. Его исследование богато содержанием и демонстрирует широкие перспективы развития связей между психологией и другими науками. Однако теорию информации, а также кибернетику он относит к физике. Соответственно взаимодействие психологии с кибернетикой должно анализироваться в системе отношений с естественными науками. Суждения Ж. Пиаже заслуживают того, чтобы их привести достаточно подробно.

«Что касается физических наук, то они уже много дали психологии, гораздо больше, чем обычно принято считать. В этом вопросе, конечно, есть аспекты, не имеющие большого значения, такие, как вклад химии в изучение психических реакций при действии наркотиков. Но существует также несколько фундаментальных теоретических моделей. В. Келер, по профессии физик, выражал гештальт-психологию в терминах электромагнитного поля. Теория информации, которая столь полезна для биологии и психологии, была создана на основе термодинамики... Но особенно мы обязаны физике и прежде всего — теории форм равновесия и „перемещений равновесия" с принципом Ле Шателье, затем регулятору Уатта и, наконец, этой фундаментальной науке — кибернетике, которая связывает физику и биологию. Кибернетика, тео-

рия коммуникации и управления или самоуправления, сейчас обновляет биологию... и она снабжает нас моделями регуляции, без которых современная психология уже не может обойтись, начиная от теории условных рефлексов или константности восприятия и кончая теорией интеллектуальных операций. Мы в большом долгу перед физикой» [174, с. 131, 132].

Мысли Ж. Пиаже, его методы классификации сформулированы предельно четко, но согласиться с ними нельзя.

Принцип Ле Шателье относится к *направлению* изменений в физической системе в ответ на возмущение. Благодаря этому принципу действительно удается предсказать ход химических реакций в живом организме, но кибернетизма в этом принципе ровно столько, сколько в законе Архимеда, который определяет направление сил, действующих на погруженное в жидкость тело. В отличие от этого регулятор Уатта есть способ *организации* физических процессов, управления ими, и потому он может рассматриваться как физическое воплощение одного из оснований кибернетики — принципа обратной связи. Ставить этот принцип в один ряд с закономерностями протекания физических процессов — значит игнорировать *специфику процессов управления, которые воплощаются в физических процессах*, но принципиально отличаются от последних своей отражательной, идеальной природой.

И совершенно нельзя согласиться с утверждением, что теория информации создана на основе термодинамики. Оно противоречит изложенным выше историческим фактам, хотя имеет определенные эпистемологические основания, ошибочность которых далеко не очевидна.

Как известно, используемое в теории информации понятие энтропии ранее было введено в термодинамику С. Карно [107] и математически представлено Л. Больцманом на модели идеального газа [22]. Там понятие энтропии служит для формулировки второго начала термодинамики.

Сходство математических выражений, естественно, наводит на мысль об общности предметов, но не доказывает существования этой общности. Поэтому легко можно отделить теорию информации от физики, сказав, что концептуальное содержание, вкладываемое в математические формулы, в каждом случае различно. Именно так обычно поступают все методологи и популяризаторы теории ин-

формации. К «сожалению», развитие теории информации показало, что к ней применим весь комплекс термодинамических понятий: свободная энергия, температура и др. [211]. Впечатление общности двух дисциплин усиливается по мере того, как совершенствуются обобщенные методы описания информационных процессов.

Первый шаг на пути методологического анализа проблемы научной принадлежности теории информации должен быть направлен на выяснение того, к каким процессам относится понятие энтропии. Легко установить, что в понятии энтропии фиксируется процесс наблюдения физической системы (дается интегральная оценка *вероятностям* состояний). Далее, принцип Карно относится к способу *организации* физических процессов и постулирует тот факт, что тепловая энергия не может быть полностью преобразована в механическую. Тем самым устанавливаются определенные *ограничения деятельности* человека, которые *фиксируются* в плоскости физического описания *объекта* деятельности.

Второй этап анализа проблемы научной принадлежности связан с основополагающим представлением К. Маркса о взаимодополняющих процессах опредмечивания субъекта и распредмечивания объекта, в котором дано диалектико-материалистическое обобщение многих догадок философов прошлого [1].

Достаточно упомянуть, например, слова Аристотеля: «Знание в действии тождественно своему предмету» [13, с. 437].

В акте наблюдения субъект опредмечивается, он один со своим объектом; структура субъекта в своей актуальности тождественна структуре объекта. Поэтому субъект в целом является потенцией объекта; субъект задает общую структуру, в которой воспринимается объект. Но субъект как целое есть психика и входит в предмет психологии. Объект как актуальность, более того, как обобщенная актуальность становится предметом Физики. Психика есть объективированное отражение, а объект сохраняет в своем описании структуры психики.

Единство в акте деятельности сохраняется в математических уравнениях.

Поэтому одни и те же уравнения, будучи включены в систему уравнений объекта, входят в термодинамику, а в другом случае становятся частью предмета психологии.

Итак, теория информации по своему происхождению является психологической и семиотической, а не физической теорией, как могло бы показаться из ее генетической общности с техникой.

Создание теории сопровождается абстрагированием от некоторых моментов исходных представлений. Попробуем выяснить, какие признаки знака сохранились в теории информации. Разумеется, материальность носителя знака (означающее) не представлена в теории, но это не наносит никакого ущерба содержательной стороне схемы в силу случайного характера физического воплощения знака: важно знать, что носитель возможен или существует, но каков он конкретно — в некоторой степени безразлично. Синтаксис знака, в принципе, воспроизводится без затруднений. Прагматика знака в традиционной теории информации не представлена, но она легко учитывается, если систему связи включить в общую систему преобразования среды или взаимодействия с партнерами. В этом плане наибольшее распространение нашел синтез теории информации и теории игр [211, 212, 271, 283], направленный на оценку эффективности действий, совершаемых после получения сообщений.

Считается, что семантический аспект знака не отражается в теоретико-информационной схеме, что порождает многочисленные попытки создания семантической теории информации. Попытки эти оправданны, если иметь в виду воспроизведение человеческой семантики знака. Решение этой задачи возможно только через создание системы процессов, аналогичных тем, которые реализуются в психике человека. Описание знака в теории информации, так же как и его преобразование в технических системах связи, коренным образом отличается от его функционирования в деятельности человека, но в теоретико-информационном описании *воспроизводится* именно *семантический* аспект знака. Конечно, значение знака для машины совсем не то, что для человека, но это именно значение. Действительно, посмотрим, как определяет знак Ф. де Соссюр: «И идея, и звуковой материал, заключенные в знаке, имеют меньше значения, чем то, что есть кругом него в других знаках. Доказывается это тем, что значимость термина может видоизмениться без изменения как его смысла, так и его звуков, исключительно вследствие того обстоятельства, что какой-либо смежный термин претерпел изменение» [207]. Подобная ситуация сложилась в теории ин-

формации, где каждое сообщение определено как одно из потенциально допустимых сообщений, множество которых образует алфавит.

Итак, в теории информации воспроизводится семантика знака, но только особая, машинная. Знак приобретает свое естественное значение лишь тогда, когда после цепи машинных преобразований воспринимается человеком. Конечно, не всякое восприятие является смыслообразующим.

Передача сообщений возникла как специфическое средство в предметной деятельности человека. Поэтому и в технике связи, в теории информации, воспроизводилась прежде всего та функция знака, которая связана с объектом деятельности. Как в традиционной схеме теории, так и в новых прагматических конструкциях внимание обращается на соответствие знака и объекта, т. е. на информирующую функцию знака. Используемые в теории обобщенные меры количества информации описывают именно эту функцию знака.

Участие знака в деятельности не ограничивается установлением соответствия между состояниями объекта и субъекта. В процессе деятельности знак формирует субъекта, как бы создает в нем структуры, адекватные внешнему миру.

Здесь необходимы пояснения. Конечно, бытие знака пронизано двойственностью, субъектно-объектным замыканием: нет знака вне взаимодействия субъекта и объекта, отправителя и адресата, источника и приемника. Более того, любые параметры, характеризующие объектную отнесенность знака, его информирующую функцию, могут быть снабженным эпитетом «субъективный», отражая специфические особенности адресата (например, субъективные вероятности поступления знака). Речь идет о другом. В опосредованных знаком отношениях субъекта и объекта есть актуальное и потенциальное, есть информация о данном состоянии объекта (о данном понятии) и есть представление о всех возможных состояниях объекта (о системе понятий).

Отсюда становится понятным, что в рамках существующей формальной конструкции не нашла отражения функция, которая позволила бы описывать потенциальную, установочную сторону субъекта, процессы изменения структур вследствие поступления знаков и приема информации. При этом мы должны учитывать, что между

двумя функциями: информирующей и структурирующей — нет непреодолимой преграды. В одном случае происходит одномоментное изменение состояния в рамках определенной структуры, в другом — меняется сама структура вследствие накопления локальных изменений.

Во всех случаях необходимо иметь в виду исходный процесс поступления знаков, т. е. оставаться в пределах конструктивного подхода к описанию явлений, что позволяет выявлять содержание используемых понятий и мер. Позднее мы вернемся к более подробному анализу конструирующей функции знака.

Сейчас вновь подчеркнем, что выделение специфики семиотической техники было произведено Р. Хартли, который сформулировал операцию выбора и дал ей количественную оценку. Последующая работа К. Шеннона состояла в распространении сделанных предложений на более широкий случай неравновероятного выбора.

Совершенно закономерным следует признать тот факт, что теория информации сразу после своего математического оформления нашла применение в семиотике и в психологии.

Глубокую содержательную близость лингвистики и теории информации одним из первых подметил Р. Якобсон: «Между последними этапами лингвистического анализа и подходом к языку в математической теории связи обнаруживаются поразительные совпадения и сближения» [267, с. 435].

Сопоставляя понятийный строй лингвистики и техники связи, Р. Якобсон, приходит к выводу о сходстве многих понятий. Одним из них является понятие кода, которому в лингвистике соответствовало понятие системы «различительных признаков»: «Компоненты кода, например различительные признаки, действительно имеют место и реально функционируют в речевом сообщении» [267, с. 438].

Точная формулировка понятия кода в математической теории связи позволила поставить ряд вопросов, которые ускользали от внимания лингвистов. «Помимо кодирования и декодирования, процесс перекодирования, замены кодов, короче говоря, различные аспекты перевода также становятся в ряд основных проблем как лингвистики, так и теории связи» [267, с. 441].

Понятие выбора является общим и для лингвистики, и для теории связи: «Ни в одной из этих дисциплин не воз-

никает ни малейшего сомнения относительно фундаментального значения избирательных операций в речевой деятельности» [267, с. 437].

Некоторые лингвистические понятия совершают сложную эволюцию, получив точную интерпретацию и обогатив свое содержание в рамках формальной схемы. В этом отношении большой интерес представляют методологические наблюдения Р. Якобсона: «Понятие „избыточности", пришедшее в теорию связи из риторики, являющейся ветвью лингвистики, приобрело важное значение в развитии этой теории и было несколько смело заново определено как „единица минус относительная энтропия". В этом новом определении оно опять попало в современную лингвистику в качестве одной из основных категорий» [267, с. 437].

Р. Якобсон отмечает, что реализованный в математической теории связи переход к языку как к стохастическому процессу был воспроизведением результатов, полученных лингвистами еще в начале XX в. «Русская метрическая школа обязана некоторыми из своих всемирно известных достижений тому факту, что около сорока лет назад такие ученые, как Б. Томашевский [215], знаток и математики, и филологии, весьма искусно использовали цепи Маркова для статистического исследования стиха; эти данные, дополненные лингвистическим анализом структуры стиха, привели в начале 20-х годов к созданию теории стиха, основанной на исчислении условных вероятностей и напряжения между ожидаемым и неожиданным в качестве измеряемых ритмических величин» [267, с. 444].

Выделив содержательную общность теории информации и системы лингвистических представлений, Р. Якобсон подчеркнул также наличие существенных различий, которые подлежат устранению при дальнейшем развитии теории информации. Во-первых, необходимо учитывать разницу говорящего и слушающего (соответственно кодовых систем источника и адресата). Во-вторых, в теории информации следует фиксировать место наблюдателя «внутри или вне изучаемой системы». Далее Р. Якобсон солидаризируется с известным кибернетиком Д. М. Маккеем в предостережении «против смешения обмена вербальными сообщениями с получением информации из внешнего мира» [267, с. 441].

Понятийное соспоставление двух дисциплин проводилось многими исследователями. Можно упомянуть А. Мар-

тине, который показал, что ряд трудных лингвистических проблем удается сформулировать более точно, если воспользоваться понятиями теории информации. «Традиционное противопоставление языка и речи может быть выражено также и противопоставлением между кодом и сообщением, причем код понимается как организация, на основе которой возможно составление сообщения и путем сравнения с которой всех единиц сообщения распознается смысл последнего» [152, с. 389].

А. Мартине воспользовался представлениями теории связи для раскрытия механизмов «функционирования» языка. Характеризуя языковые единицы в понятиях «энергии», «стоимости», частотности и информации, он проследил некоторые направления эволюции языка по пути снижения стоимости при увеличении информационного содержания. При этом такие переменные, как интонационное богатство языка, его связь с психологическими и социальными факторами остались вне сферы описания, что резко ограничило возможность прогностического использования предложенной модели.

Вопросы отображения лингвистической действительности в понятиях теории информации обсуждались советскими учеными [278; 279; 237; 238]. Так, А. А. Леонтьев отмечает наличие трех принципиальных особенностей естественного языка, которые ограничивают сферу применения теории информации: 1) отсутствие эргодичности языковых характеристик, 2) многоуровневость интерпретации языка, 3) бесконечная возможность развития речевого высказывания [126].

Последнее обстоятельство особенно четко сформулировала Е. Косериу: «Язык далек от того, чтобы функционировать не изменяясь, как это бывает с кодами; он изменяется, чтобы продолжать функционировать как таковой» [117, с. 156]. Однако это обстоятельство не учитывается в существующих математических моделях.

Методологическое сопоставление теории информации и семиотики явно отставало от непосредственного влияния первой на вторую. Одновременно с обобщенными количественными оценками, предлагаемыми теорией информации, в лингвистику пришли представления о субъектах коммуникации как статистических приборах. Проблема математического моделирования речевой деятельности свелась к построению «адекватной» схемы статистической оценки. При этом были забыты все связи лингвисти-

ки с психологией, исключены как несущественные такие психологические характеристики, как целостность сообщения, связь с деятельностью и др. Теория информации совершенно не приспособлена для отображения динамических факторов речи и языка, о которых упоминал Р. Якобсон (напряженность ожидания, эмоциональность оценки и т. д.). Они также отошли на второй план.

Но наиболее достойно сожаления то обстоятельство, что вплоть до настоящего времени математическая теория связи развивается как замкнутая без учета тех конструктивных замечаний, которые были высказаны лингвистами в самом начале «информационного бума». Многоуровневость, смена кодов, целостность,— идущие от семиотики и психологии характеристики знаковых систем,— не нашли отражения в формальных схемах теории связи. Еще меньше внимания уделялось проблеме отношения социального и индивидуального в языке, хотя разработка этой проблемы могла бы дать непосредственный практический результат в форме рекомендаций к построению универсальных машинных языков, допускающих выделение подъязыков, соответствующих конкретным решаемым задачам.

5. Теория информации и психология

Первые работы по теории информации были тесно связаны с описанием поведения человека, исследованием человеческих средств общения, с изучением социальной структуры общества. Однако наибольшей завершенности теория информации получила в плане своих технических приложений для расчета количества информации, проходящего по каналу связи, для разработки методов кодирования и дешифрации, т. е. как средство согласования работы приемных и передающих устройств и каналов связи.

Начальный этап применения теории информации для описания деятельности человека был связан с качественным и количественным анализом неопределенности ситуации, пропускной способности, избыточности сообщения и других факторов. Первым психологическим исследованием, непосредственно вытекавшим из теории информации, был по существу эксперимент, поставленный Шенноном по угадыванию продолжения английского текста. Последующие попытки применить меры, предлагаемые теорией информации для оценки сообщений, получаемых

и передаваемых людьми, показали, что в целом ряде случаев учет совокупности возможных сообщений позволяет количественно представить те стороны деятельности человека, которые ранее поддавались только качественному описанию. Например, анализ процессов сенсомоторного реагирования показал, что время реакции зависит от числа возможных ответов и от вероятностей появления соответствующих стимулов [284].

В плане настоящего исследования нам важно наметить определенные границы применения в психологии существующей теории информации. С этой целью мы обсудим те направления психологического исследования, где теория информации с определенными ограничениями применима в традиционном варианте, и в дальнейшем перейдем к изложению затруднений и к формулировке основных требований, которым должны удовлетворять модели, описывающие процессы преобразования человеком поступающих сообщений.

Как отразить внутреннюю перестройку организма в описании информационных процессов? Здесь можно воспользоваться представлениями о структуре «человеческой формы существования», развитыми С. Л. Рубинштейном [188; 191; 194]. Прежде всего необходимо различать два класса изменений. К первому относятся процессы, имеющие физическую основу, например простейшие формы забывания, вызванные разрушением функциональных структур организма. Они в значительной степени детерминированы, сравнительно легко могут быть описаны количественно и воспроизведены с хорошей точностью в моделях [15; 28; 92; 73]. Процессы второго класса характеризуются наличием направленного, иногда осознаваемого изменения внутренней структуры.

Любое описание деятельности человека включает фиксацию первого класса изменений, например, в форме утверждений о связи памяти и деятельности [79, 184; 103]. В зависимости от стабильности, точнее, от нестабильности, от скорости забывания различаются кратковременная, долговременная и другие виды памяти, а также соответствующие им структуры организма. В технических системах понятие памяти несравненно у́же, она рассматривается здесь просто как вместилище большего или меньшего объема, существующее вне реального времени.

Применяя теоретико-информационные модели, мы должны учитывать свойства человеческой памяти по ее

способности к сохранению выработанных способов приема, переработки и передачи сообщений, т. е. к сохранению всей той внутренней структуры, которая в технике называется системой кодирования.

Понятие памяти, как и любого психического процесса, включает не только характеристику материального субстрата, но отражает также особенности функциональной организации. Однако в понятии памяти эти два аспекта человеческой формы существования наиболее заметны по проявлению и наиболее слитны по научному употреблению. Мы выбрали процесс памяти в качестве примера, чтобы подчеркнуть влияние физического плана на функциональный.

Функциональное описание человеческого бытия ставит теорию информации перед проблемой отображения процессов активности. Именно на этом этапе применения теории информации в психологии мы наблюдаем диалектическое столкновение теории и реальности. Схема информационного процесса как слепок с технико-семиотической активности человека обнаруживает свою неполноту. Следствием противоречия между теорией и реальностью оказывается не только улучшение теории, как это имеет место в естественных науках, но и преобразование самой семиотической деятельности, вызванное изменением в технических средствах этой деятельности, которое следует за совершенствованием теории.

Иными словами, теория информации в традиционном варианте отображает функциональные аспекты человеческой формы существования, но, будучи применена к описанию этого существования, модифицируется для учета свойств материального субстрата и передачи деталей функциональных процессов.

В соответствии с архитектурой форм человеческой активности мы должны различать особенности применения теории информации на биотическом уровне и на уровне сознательной активности.

В обсуждении проблем применения теории информации в психологии мы можем встретить мнения о целесообразности учета специфики всех уровней активности.

Характеризуя теорию информации, сформировавшуюся применительно к задачам техники связи, А. Моль подчеркивает, что эта теория пренебрегает одним обстоятельством, красноречиво обнаруживающимся при изучении психофизического аппарата,— поразительной изменчиво-

стью характеристик, дающей возможность внимательному человеку ночью увидеть свечу на расстоянии 10 км (несколько фотонов) или услышать звук, едва превосходящий по громкости колебания молекул атмосферного воздуха, и в то же время позволяющий этому человеку в течение 1/16 сек воспринять чрезвычайно сложный комплекс форм, цветов и звуков [158].

Отсюда вытекают основные недостатки, а скорее трудности применения теории информации к сложному процессу восприятия, поскольку за ее пределами остается наиболее существенный процесс — формирование субъекта в активности.

В работах [74, 99] подчеркивается необходимость учета динамических особенностей человека и, прежде всего его адаптивной способности. «Кодовая система» человека поддерживается в рабочем состоянии именно в результате самого процесса работы. Благодаря непрерывной обработке сигналов обеспечивается адекватность «кодовой системы» источнику сообщений, т. е. внешней среде.

При недостатке информации, выражающемся в монотонности и бедности внешних воздействий, у человека развиваются глубокие нарушения восприятия даже при сохранении комфортных физических условий обитания [138]. В крайних случаях при длительной сенсорной изоляции наблюдаются симптомы тяжелого нервного поражения: галлюцинация, бред, беспокойство. Отсюда следует непосредственный практический вывод, что оператору в его работе необходимо обеспечить оптимальную скорость подачи информации, которая не превышала бы пределов пропускной способности и была бы достаточной для поддержания высокого уровня активности.

Эти и подобные им явления не могут быть описаны теоретико-информационной моделью Шеннона: ведь ничего подобного нельзя ожидать от исправной технической системы связи. На первый взгляд можно считать большим достоинством, что технические системы избавлены от «нервных» расстройств. Однако за подобными критическими ситуациями скрывается необычайная чуткость к изменению внешних воздействий и приспособляемость человека.

Итак, теоретические модели информационных процессов человека должны быть дополнены еще одним свойством, которое является отличительной чертой любого живого организма. Это свойство — приспособляемость.

Выше отмечалось влияние забывания на информационную деятельность человека. Изменение форм деятельности вследствие необратимого процесса забывания представляется помехой оптимальному функционированию организма. Однако забывание может рассматриваться в качестве фактора приспособления. А. Р. Лурия наблюдал [148], как много усилий тратил известный мнемонист Шерешевский, чтобы забыть ненужные сведения, которые приходилось запоминать во время публичных сеансов. Эта санитарная функция забывания — освобождение памяти от неиспользуемой информации — давно стала очевидной для психологов. Но положительная роль забывания как фактора приспособления этим не ограничивается.

Память любого живого организма характеризуется наличием двух фундаментальных свойств: след памяти упрочняется при появлении соответствующего внешнего воздействия и постепенно исчезает при его отсутствии. Первое свойство является основой запоминания, второе — забывания. Как было показано в наших работах, наличие этих двух свойств позволяет организму без дополнительных усилий создавать верное представление о вероятностных свойствах окружающей среды [73; 75; 92]. Действительно, частые внешние воздействия по сравнению с редкими образуют более прочные следы и играют основную роль в формировании поведения.

Детальное моделирование процессов изменения внутренней структуры организма весьма затруднительно. Наличие приспособляемости очень полезно в том отношении, что позволяет предсказывать предельные характеристики поведения, не зависящие от конкретных путей их достижения. Приспособление направляет изменчивость организма в определенное русло, ведущее к оптимизации поведения. Количественные соотношения, предлагаемые теорией информации, также являются предельными в том смысле, что они указывают значения, которых можно достигнуть, используя оптимальные методы кодирования (на языке психологии — формируя оптимальную структуру деятельности). При этом величина энтропии H множества сообщений является нижним пределом средней длины оптимального кодирования. Можно предположить, что в процессе приспособления интегральные характеристики деятельности будут приближаться к значениям, получаемым на основе теории информации.

Подтверждением этому служит известный цикл работ Е. Н. Соколова и Л. Арана [12; 203; 204], который исторически можно отнести к начальному этапу применения теории информации в психологии. Исходный замысел этих работ состоял в стремлении обобщить данные достаточно многочисленных к тому времени экспериментов со случайными последовательностями. Восприятие знака было представлено как последовательность решений по поводу ограниченных наборов гипотез. Характерно, что процедура эксперимента задавала испытуемому такой способ действий, который предельно соответствовал последовательности выборов в устройствах декодирования технических систем связи. Испытуемому предлагалось наощупь одним пальцем опознать одну букву из известного множества или определить положение фигуры в ограниченном поле. Определялось среднее число ощупываний до правильного опознания. Было выявлено, что в ходе эксперимента испытуемый начинает принимать последовательные дихотомические решения, выделяя критические точки опознаваемых объектов. Средняя продолжительность опознавания, измеряемая числом проб, постепенно приближалась к оптимальной и незначительно отличалась от энтропии исходного множества букв. Интересно наблюдение поведения испытуемых, когда множество возможных букв неожиданно изменялось. В этом случае первоначально использовался прежний способ опознавания, а затем он заменялся на новый, адекватный возникшей ситуации. Для построения алгоритма решения испытуемый использовал ограниченное число последних результатов (от 3 до 15), тогда как более ранние им забывались.

Эксперименты Е. Н. Соколова и Л. Арана представляют самостоятельный интерес и для анализа перцептивных процессов, и для выявления механизмов принятия решений в условиях неопределенностных ситуаций. В плане применения теории информации следует отметить следующий момент. Если на основании результатов экспериментов построить математическую модель, то в период времени, соответствующий началу эксперимента, мы не сможем точно указать параметры модели. В частности, будут неизвестными набор сигналов на входе модели и пропускная способность. Однако в период, соответствующий окончанию эксперимента, благодаря приспособительной активности человека все количественные оценки приобретут достоверность.

В работах М. С. Шехтера процесс образования комплексных признаков связывается с перестройкой структуры опознавательной деятельности и с переходом от сукцессивного к симультанному узнаванию. Соответственно изменяется количество воспринимаемой информации, а процесс ее переработки не ускоряется вследствие автоматизации исходного процесса сукцессивного опознавания [254].

Б. Ф. Ломов, подводя итоги многочисленных исследований, отмечает, что количество воспринимаемой инфорции зависит от числа измерений стимула, т. е. от общего числа состояний сигнала, которые могут быть точно опознаны. При этом возрастает информационная емкость сигнала, однако общее количество информации, передаваемое многомерным стимулом, всегда меньше суммы тех количеств, которые могли бы быть переданы каждым из измерений [138; 140].

Обобщая закономерности процессов обработки информации человеком, Б. Ф. Ломов подходит к вопросу об оптимальной форме воспринимаемого сигнала. Согласно Б. Ф. Ломову, сигналы, адресуемые человеку, разбиваются на два класса: изображения и символы. Первые копируют, воспроизводят состояние объекта, вторые — выступают как код этих состояний. При восприятии изображения задачи опознания сигнала и опознания объекта как бы сливаются, благодаря чему в некоторых случаях повышается скорость приема информации [138; 140].

Достигаемый положительный эффект от подачи информации в изображениях можно пояснить следующим образом. Если при приеме сигналов-кодов необходима специальная работа по установлению соотношений между ними, то при приеме сигналов-изображений используется имеющееся у человека практическое знание зависимостей между отдельными изображениями и между элементами внутри одного изображения.

Очевидно, что в понятиях традиционной теории связи отмеченный эффект обобщения отдельных сигналов в целостные образы не может быть воспроизведен.

Наиболее интересным во всех работах, посвященных информационному описанию восприятия, является то, что в отличие от традиционной теории связи, предназначенной для технических устройств с фиксированными параметрами, здесь намечается новый подход к исследованию сложных систем, учитывающий непрерывное изменение и интеграцию параметров.

Структурность-информационных моделей в психологии. Б. Ф. Ломов, анализируя деятельность человека-оператора в системе управления, отмечает «необходимость психологического изучения структуры и динамики операций приема и переработки информации» для уверенного определения количественных показателей. По отношению к стадии приема информации Б. Ф. Ломов выделяет следующие элементарные гностические процессы и действия: 1) поиск (и обнаружение), 2) различение, 3) идентификацию, 4) декодирование (интерпретацию) [138].

В конечном счете все психические явления могут быть включены в описание процесса обработки информации. При этом следует учитывать, что движение информации по последовательности этапов не всегда соответствует переходу с низшего на высший уровень активности. Скорее следует говорить о функциональной специализации, а не о порядке обработки поступающей информации.

Изучение структуры и динамики операций приема и переработки информации привело в конечном счете к необходимости синтеза различных психических процессов в одной модели.

Одним из первых синтетические исследования информационных характеристик человека начал Г. Сперлинг [208]. Он построил модель переработки информации, действие которой начинается вместе с наблюдением кратковременного зрительного стимула и кончается ответной реакцией наблюдателя. Интересная особенность модели Г. Сперлинга заключена в представлении процесса обработки информации как взаимодействия зрительной и слуховой систем, что позволяет, в частности, понять сходство значений пропускной способности, полученных в экспериментах Б. Ф. Ломова [138] и Чистович [250], несмотря на различие модальности использованных символов.

Используя методику частичного воспроизведения, Г. Сперлинг установил, что объем зрительной памяти в несколько раз превышает объем последующей, слуховой. Соответственно количество зрительно воспринимаемой информации больше той, которая может быть воспроизведена в ответных реакциях.

Результаты эксперимента позволили Г. Сперлингу построить многоуровневую модель, согласно которой параметры процессов восприятия, протекающие на каждом из этапов переработки информации, обусловлены характеристиками соответствующей памяти, а именно време-

нем хранения поступившей информации. С первым этапом была связана зрительная память с временем сохранения 50 мсек, с третьим — слуховая память с временем сохранения порядка нескольких секунд. Вместе с тем поток информации, воспринимаемой наблюдателем, зависит от его собственных действий и от его умения выделить существенные признаки. В рамках принятой нами выше терминологии мы могли бы сказать, что сканирование осуществляется в алфавите единиц, сформированных в процессе обработки последующим блоком «слуховой памяти». Следовательно, нельзя понимать буквально утверждение Г. Сперлинга: «Поскольку повторение осуществляется в речевой форме, человек передает единицы восприятия, а не двоичные единицы информации»; под последними он, вслед за Дж. А. Миллером [157], подразумевает биты информации, рассчитанные безотносительно к воспринимающему устройству, что не соответствует принципам теории информации.

Методика Г. Сперлинга была развита В. П. Зинченко с сотрудниками, которые существенно детализировали модель переработки информации.

Выделение последовательных этапов процесса восприятия является первым шагом на пути построения моделей, позволяющих определять «алфавиты» на каждом из этапов и уверенно применять количественные меры оценки сообщений. Не меньшее значение имеет изучение проблемы формирования элементов алфавита на некотором зафиксированном этапе. Эта проблема связана с образованием комплексных признаков из простых. Комплексный признак может формироваться внутри сообщений одной модальности или из признаков, соответствующих разным анализаторам.

Выделение иерархии уровней обработки сигналов показывает неосуществимость первых попыток найти универсальные показатели информационной деятельности человека.

В. Ф. Рубахин подробно исследовал психологические проблемы обработки материалов аэрофотосъемки [187] и совместно с В. П. Клевцовым и Ю. И. Фейгиным разработал алгоритм структурно-ступенчатой модели процесса опознания. Структурные аспекты информационного описания сенсорных процессов были разработаны В. Ф. Рубахиным достаточно подробно и даже позволили сформулировать принципы построения автоматических и

автоматизированных опознающих устройств для дешифрирования сложных изображений.

Информационные процессы и сознание. В плане выявления несоответствия информационного и психологического описаний деятельности человека нам хотелось бы обратить внимание на структурно-эвристический аспект концепции В. Ф. Рубахина. В его работе дано вполне конструктивное изложение эвристических аспектов сенсорных процессов, которое, к сожалению, не нашло отражения в количественных критериях. С нашей точки зрения, здесь скрывается чрезвычайно важный и трудный момент не только теоретико-информационного описания восприятия, но и всей проблемы математизации психологического знания.

Прежде всего В. Ф. Рубахин отмечает, что понятие эвристики нельзя сводить к способам сокращения числа поисковых решений и к принципам оптимизации алгоритмических процедур. В. Ф. Рубахин предлагает независимое от уровня обработки информации широкое понимание эвристик, включающее самопрограммирование и выработку алгоритмов, избирательное структурирование ситуации, проигрывание ожидаемого будущего и т. п.

Особенно характерной для эвристических процессов нам представляется функция избирательного поиска информации на своем уровне и выработка некоторых опознавательных и поисковых алгоритмов в ходе решения задачи.

Отмеченные и многие другие черты эвристического отношения к выполняемой задаче, суммированные в концепции В. Ф. Рубахина, являются по существу конкретизацией применительно к информационному описанию принципа участия сознания в деятельности. Причем в структурно-эвристической концепции особенно подчеркивается конструктивная активная роль сознания, что сближает ее в этом отношении с концепцией установки Д. Н. Узнадзе.

Отсутствие математических методов описания конструирующей функции сознания оказывается, следовательно, весьма симптоматичным и отражает основной недостаток математического описания психических явлений.

Проблема математического описания активности сознания актуальна для любой психологической дисциплины. В психологическом эксперименте перестройка внутренней структуры осуществляется в соответствии с полученной

инструкцией и осознаваемыми испытуемым желаниями экспериментатора. В реальной жизни изменение способа деятельности идет под влиянием усвоенных социальных норм или производственных требований.

Необходимость учета сознательных изменений в описаниях информационных процессов была давно понята психологами. Однако реализации этой необходимости в значительной степени препятствовала иллюзия статистической достоверности результатов психологических исследований и внешнего подобия психологических и физических законов. Между тем подтверждающиеся результаты деятельности испытуемого при воссоздании некоторого набора экспериментальных условий в значительной степени обусловливаются умением человека выполнить то, что от него хотят получить, т. е. приблизить свою внутреннюю структуру к требуемым характеристикам, как бы сконструировать в себе автомат, отвечающий желаниям исследователя.

Экспериментальное изучение подобных процессов проводилось О. А. Конопкиным [115] и рядом других исследователей в рамках проблемы саморегулирования, включающей процессы гипноза, самовнушения и т. п. [241]. В частности, в экспериментах О. А. Конопкина было показано, что получение испытуемым предварительных сведений, дающих ошибочное представление о вероятностных свойствах поступающих сигналов, приводило к искажению характера зависимости времени реакции от энтропии сигналов.

По существу между испытуемым и экспериментатором всегда имеется уговор, что первый будет реагировать в соответствии с ожиданиями второго. Но за испытуемым остается право уйти от выполнения предписываемой ему закономерности. Результаты эксперимента показывают, насколько хорошо относится испытуемый к заданию, и уже затем — каковы его психофизиологические возможности. Однако психологические эксперименты имеют несомненную ценность, несмотря на кажущуюся произвольность (в смысле зависимости от воли испытуемого) получаемых результатов, так как в реальных условиях работы исполнитель тоже соглашается действовать сообразно инструкции.

Процессы саморегулирования (в смысле перестройки внутренней структуры) в предметной деятельности, так же как и процессы согласования кодовых систем в общении

(например, в случае взаимопонимания) оказались за пределами схематизации, осуществленной Р. Хартли [240] и не получили количественной оценки. Это обстоятельство подробно осветил Р. Якобсон [267], следуя Д. М. Маккею. Неоднократно предпринимались попытки заполнить этот пробел. Так, Х. Марко построил ряд математических моделей информационных аспектов общения, однако их адекватность психологическому описанию не удовлетворяет даже минимальным требованиям [301; 302].

Прогнозирование в информационных процессах. Одним из моментов теоретико-информационного описания является предположение о наличии у человека набора статистических оценок вероятностей появления сообщений. Это предположение принимается в качестве необходимой характеристики различных форм человеческой активности и представляет самостоятельный интерес для математической психологии. Проблеме построения субъективных статистических оценок и связанных с ними вероятностных прогнозов посвящено большое число работ и у нас в стране, и за рубежом [282; 231]. Между тем необходимо учитывать особенности механизмов вероятностного прогнозирования в зависимости от типа социально заданных операций и от способа схематизации активности в процессе научного исследования [89].

В исследованиях, посвященных проблеме применения теории информации в психологии, этот вопрос оставался на втором плане. В настоящей работе мы отметим те проблемы, которые должны быть выяснены при решении вопроса о месте и механизмах вероятностного прогнозирования в системе процессов обработки информации человека.

Следуя теории вероятностей, мы должны допустить, что перед приемом каждого нового знака или сообщения человек имеет набор субъективных ожиданий или вероятностных прогнозов. Однако способы формирования субъективных ожиданий или механизмы вероятностного прогнозирования могут весьма существенно различаться. Во-первых, возможен детерминированный механизм прогнозирования. Во-вторых, функционирование механизма прогнозирования может быть неоднозначным, вероятностным. Наряду с этой парой альтернатив мы должны также предположить возможность прогнозирования самих знаков или их вероятностей, которая, кстати, не исключает двух первых возможностей.

Разумеется, любому сочетанию этих возможностей соответствуют характерные особенности информационных процессов.

Наиболее часто в теоретико-информационном описании смешивают влияние механизма прогнозирования (в любом исполнении) и внешних условий, в частности — стохастических свойств знаков.

Такое смешение наблюдается обычно в тех случаях, когда предметом исследования становится социально заданная деятельность человека, включающая в качестве одной из операций оценку вероятностей. Простейшие механизмы прогнозирования заменяются иногда более сложными. Примером могут служить экспериментальные исследования времени реагирования, узнавания, запоминания. В этих случаях из экспериментального факта наличия (или отсутствия) зависимости показателей эффективности выполнения задания от вероятностных свойств символов, как правило, делается вывод, что испытуемый строит (или не строит) набор субъективных оценок вероятностей символов.

Даже в рамках простейшей операции угадывания очередного символа возможны подобные ошибки. Например, испытуемый в своих прогнозах действует детерминированно, повторяя предшествовавший символ, предъявленный ему экспериментатором. Изменяя вектор P вероятностей символов, легко заметить, что частоты ответов испытуемого будут зависеть от вектора P, и в большинстве актов испытуемый сможет правильно предсказать очередной символ. Модель такого поведения построена М. Л. Цетлиным [243] и названа автоматом с линейной тактикой: здесь заведомо нельзя говорить о построении ансамбля субъективных оценок.

Аналогично в экспериментах по времени сенсомоторного реагирования зависимость времени реакции от вероятностей символов может явиться следствием особенностей организации моторной системы человека: время ответа на повторяющийся символ, как правило, короче времени реакции на новый символ; при включении в ансамбль высоковероятного символа доля таких повторений будет возрастать, а среднее время реакции уменьшаться. Следовательно, только из факта зависимости времени реакции от вероятностей символов нельзя делать однозначного вывода о механизмах вероятностного прогнозирования.

Наряду с этим отсутствие зависимости времени реакции от вероятностей не означает отсутствия у испытуемого адекватного представления о стохастических свойствах символов. Для проявления такой зависимости требуется перестройка сенсомоторной системы, которая осуществима при наличии определенных дополнительных условий [82].

Проведенное различение вероятностного прогноза как прогноза, зависящего от способа реагирования, и прогноза, основанного на оценке вероятностей символов, приводит нас к различению двух типов структур. Во-первых, возможно существование такой структуры активности, которая обеспечивает прогнозирование в силу своей внутренней организации. Во-вторых, структура активности может содержать специальный регулятивный метамеханизм, перестраивающий основную структуру в зависимости от создаваемых в рамках этого механизма оценок вероятностей.

Только в отношении структур второго типа возможна постановка вопроса о способах построения субъективных оценок.

Коль скоро введено различение основной структуры и регулятивной надстройки, возникает необходимость различения трех типов механизмов в процессе прогнозирования: 1) механизма построения оценок вероятностей; 2) механизма принятия решения на их основе и 3) механизма реализации решения.

В механизме построения оценок необходимо, далее, различать использование априорных сведений, получаемых, например, через инструкцию, и апостериорных, накапливаемых в ходе экспериментальной деятельности.

В механизме принятия решения на основе построенных субъективных оценок вероятностей символов можно различать выбор по максимальной оценке, использование всего вектора оценок (тогда мы говорим о вероятностном прогнозировании, как о неоднозначном прогнозировании), пороговое прогнозирование [98, 93; 293]. Очевидно, что до некоторой степени использование того или иного механизма решения определяется внешними условиями деятельности. Выполнение простейших операций угадывания провоцирует использование механизма первого типа, поскольку необходимо указать один наиболее ожидаемый символ. Игровые ситуации с большим числом возможных стратегий требуют использования механизмов решения

второго типа, которые являются по существу актуализацией смешанных стратегий в теоретико-игровом смысле. Третий механизм наиболее универсален и может применяться в чистом виде или в сочетании с двумя предыдущими, однако его функционирование особенно заметно в поведении больных шизофренией.

Обработку информации человеком трудно представить как процесс какого-либо одного типа. По-видимому, следует учитывать возможность изменения механизма прогнозирования в зависимости от уровня и этапа обработки информации. Кроме того, процессы кодирования и обобщения сигналов также могут оказывать влияние на внешние проявления прогнозирования [96; 156; 157]. В конечном счете любое действие заключает в себе и оценку истории, и прогноз дальнейшего развития событий.

Ограниченность информационных методов. Проведенный методологический анализ позволяет установить глубокую генетическую связь психологии и теории информации, выражающуюся в соответствии и даже заимствовании основных понятий. С целью выявить основные различия в описании действительности, сложившиеся в психологии и теории информации, нами были определены простейшие теоретико-информационные модели и охарактеризованы получаемые на их основе способы количественной оценки сообщений; прослежены основные направления применения теории информации в психологии; выявлены основные трудности применения теории информации, связанные с ограниченностью простейших моделей; проанализированы условия, при которых допустимо использование количественных мер теории информации. Можно отметить существование принципиальных отличий исходного математического описания системы связи от информационного отображения психических процессов.

На основании физиологических и психологических исследований была показана нестационарность характеристик человека как звена системы связи.

Процесс обработки информации человеком был представлен в виде функционирования сложной системы, которая была соотнесена с архитектурой человеческой активности и включена в систему психических процессов.

В разработке информационной проблематики психологии можно заметить рост интереса к функциональному отображению роли сознания [276; 291].

Наряду с позитивной разработкой проблемы применения теории информации в психологии наблюдается и резко отрицательное отношение к возможности адекватной передачи психологического содержания средствами этой формальной теории.

Основные моменты критики применения теории информации в психологии сводятся к следующему: 1) количественные меры информации не отражают ее качественной, смысловой стороны; 2) определяющим в поведении человека является не количество информации в битах, а число символов; 3) теоретико-информационные меры не отражают индивидуальных особенностей воспринимающего субъекта.

Каждая из сформулированных проблем опирается на известный экспериментальный материал.

Смысл первого утверждения легко раскрывается в форме парадокса. Он строится на основе мысленного эксперимента, предложенного Э. Борелем в 1914 г. [25] для иллюстрации некоторых вероятностных законов. Применительно к теории информации этот эксперимент обсуждался в ряде методологических работ.

Представим себе, что шимпанзе посадили печатать на машинке. Не зная языка, она будет случайно нажимать любую из клавиш и отстучит бессмысленную последовательность букв [4]. Количество информации в таком «тексте» легко определить. Каждая буква появляется равновероятно и несет ~ 5 бит/симв. В письменном произведении любого человека буквы связаны между собой, и потому количество информации, приходящееся на одну из них, будет несравненно меньше: приблизительно 1 бит/симв. Возникает парадоксальная ситуация: количество информации в разумном тексте, из которого что-то можно узнать, меньше, чем в бессмысленном, ничего не значащем наборе букв.

В работе Дж. Миллера «Магическое число семь...» [157] вторая проблема также была сформулирована в форме парадокса, состоящего в том, что количество информации, воспроизводимое испытуемым в экспериментах по кратковременной памяти, практически неограниченно возрастает с увеличением размеров алфавита предъявляе-

[4] Э. Борель отметил, что если шимпанзе будет «работать» неограниченно долго, то она напечатает все тексты, когда-либо созданные человеком.

мых символов, тогда как абсолютное число правильно называемых символов остается примерно постоянным (7 ± 2). Следовательно, невозможно говорить о существовании какого-либо числа, характеризующего пропускную способность человека.

Третья проблема связана с игнорированием личностных особенностей воспринимающего субъекта при подсчете количества информации. Приведем такой пример. Литератору статья в математическом журнале ровным счетом ничего не говорит (за редкими исключениями), хотя она может многое раскрыть математику. Математик находится не в лучшем положении: небольшая и, с его точки зрения, незначительная критическая заметка может вызвать сильный резонанс в среде литераторов и привести к глубокой переоценке взглядов и авторитетов. Между тем количество информации и в статье, и в критической заметке рассчитывается вполне однозначно в соответствии с известными формулами и даже может оказаться одинаковым, если оба текста близки по объему.

Легко продолжить перечень вопросов, которые возникают у психолога, пытающегося применить математические методы теории информации для описания деятельности человека [74].

С отсутствием возможности разделить понятие единичного сигнала и сообщения в рамках теории информации связан следующий, непривычный в общечеловеческой практике парадокс. Прием некоторого сигнала устраняет неопределенность выбора, существовавшую перед этим, но тотчас возникает новая точно такая же неопределенность. И остается нерешенным вопрос: была снята неопределенность или нет? Парадокс связан с особенностями схематизации, принятой в теории информации. В каждый момент времени источник генерирует случайные независимые сигналы, так что системе для расшифровки каждого нового сигнала приходится заново решать задачу идентификации. Между тем в обычной практической деятельности человек привыкает строить на основе полученного сообщения разумные предположения о будущем, создавая из отдельных элементов общую картину. В этом — один из существенных моментов целостности человеческого восприятия, который не нашел отражения в теории информации.

Можно было бы просто уйти от изучения парадоксов, сказав, как это делают математики, что теория информа-

ции не в состоянии оперировать с содержательной стороной восприятия, и удовлетвориться теми результатами, которые получаются при непосредственном применении.

Результаты, полученные в ходе разработки проблем применения теории информации в психологии, позволяют снять некоторые моменты противоречивости рассмотренных ситуаций. Анализ ограниченности теоретико-информационных моделей одновременно указывает на формы их применения.

Например, А. Моль [158] снимает «парадокс шимпанзе» ссылкой на пределы пропускной способности человека: количество информации в случайно набранном тексте столь велико, что превышает пропускную способность сенсорной системы человека. Но ведь человек мог бы растянуть во времени чтение «труда» шимпанзе, однако восприятию и пониманию такое ухищрение не поможет.

Существо проблемы раскрывается при выделении субъекта-адресата и представлении его восприятия как целостного, многоступенчатого процесса, неразрывно связанного с памятью.

При этом восприятие только начинается рассматриванием букв. Затем подключаются более сложные формы восприятия, постепенно включающие всю систему человеческой деятельности.

Однако при чтении бессмысленного текста процесс останавливается на первом этапе, а на втором и последующих этапах уже не оказывается алфавитов, в рамках которых можно было бы отделить напечатанную бессмыслицу от всех других случайных последовательностей. Будет установлен лишь факт наличия бессмыслицы, на которую не стоит тратить время.

Приведенный второй парадокс состоит в том, что количество информации, передаваемое испытуемому после предъявления, практически неограниченно возрастает с увеличением алфавита знаков, тогда как количество символов («отрезков информации») остается примерно постоянным (7 ± 2). Основанием для этого вывода послужили эксперименты Дж. Хейеса и Р. Поллака по воспроизведению некоторых последовательностей символов с участием кратковременной памяти. В ходе опытов было установлено, что независимо от размеров совокупности, из которой экспериментатор выбирает знаки для предъявления испытуемому, последний воспроизводит через некоторое время в среднем семь знаков.

Выше мы приводили высказывание Б. Ф. Ломова о том, что «алфавиты» экспериментатора и испытуемого могут не совпадать. Именно такое расхождение имеет место в обсуждаемых экспериментах Хейеса и Поллака. В условиях экспериментальной деятельности алфавит «оперативных единиц восприятия» испытуемого изменяется под воздействием предъявленных знаков, что выражается прежде всего в изменении «субъективных» вероятностей. При этом мы имеем в виду только деятельность испытуемого в эксперименте, поскольку в другой деятельности и иных задачах он будет выделять соответственно иные «единицы». В частности, испытуемый может четко ответить на вопрос, из какой совокупности выбраны предложенные ему знаки, но «алфавитом» здесь уже будет набор «совокупностей экспериментатора», о которых испытуемому известно.

Проводимое Дж. А. Миллером противопоставление «двоичных единиц» и «отрезков информации» является по существу сравнением двух алфавитов. Соответственно, количество информации, переданной испытуемым в рассматриваемых экспериментах, должно измеряться в соответствии с алфавитом испытуемого.

Отсутствие четкого разделения алфавитов исследователя и испытуемого привело к тому, что Дж. А. Миллер неправильно охарактеризовал процесс образования сложных стимулов. Он писал: «Оператор учится увеличивать число двоичных единиц, приходящихся на отрезок информации. В теории связи такой процесс называется перекодированием» [157, с. 216]. Однако мы уже отмечали, что перекодирование есть процесс отображения одного множества в другое, осуществляемый преобразователем. Между тем здесь речь идет об изменении самого устройства, передающего информацию. Здесь имеет место операция «смены кода», как бы замены аппарата, работающего в двоичной системе, на телетайп, печатающий буквы.

Для отображения этого процесса необходим переход к адаптивным моделям.

Сказанного достаточно, чтобы легко объяснить и третий парадокс. Фиксация, хотя бы приближенная, кодовых систем литератора и математика, позволила бы установить, что количественные оценки информации, содержащейся в математической статье и критической заметке, различны для каждого из них.

Психологическая теория информации. В настоящее

время вопрос о форме и способах применения теории информации в психологии не решен. До сих пор трудно решить, приведет ли применение теории информации в психологии к развитию новой более совершенной теории, позволяющей производить количественную оценку сообщений, или психологи переработают свои понятия с целью их лучшего соответствия понятиям и модельным представлениям теории информации. Поэтому и вопросы, решаемые психологами о допустимости применения теории для описания человека, о методах количественного исследования процессов познания, имеют общенаучное значение и требуют дальнейшей разработки.

Создаваемая во взаимодействии с психологией теория информации должна работать с непрерывно изменяющимися структурами, а до этого времени результаты количественных измерений могут быть отнесены только к некоторым фиксированным условиям и применяться по отношению к плохо определенному моменту времени.

Важный шаг к созданию будущей математической теории информации может быть сделан на основе более точного применения существующих методов. Значительная доля претензий со стороны психологов вызвана нечетким пониманием содержания самой теории информации.

Глава 4

Реакция выбора как информационный процесс

*

Одной из простейших форм информационной деятельности человека является реакция выбора. Испытуемому в соответствии с некоторым законом предъявляются последовательно один за другим символы, принадлежащие определенному множеству, и он должен по возможности быстрее и точнее произвести необходимое действие. Основными показателями работы испытуемого являются время его реакции и характер допускаемых ошибок.

Высокая точность измерений позволяет объективно проверять теоретические построения. Поэтому исследо-

вание реакции выбора было выбрано нами в качестве удобной возможности проверить некоторые теоретические положения и сопоставить различные подходы к описанию этой довольно простой операции информационного процесса. Исследования реакции выбора имеют также непосредственно прикладное значение, поскольку выбор из нескольких альтернатив можно рассматривать как упрощенную модель деятельности оператора системы управления. Как мы увидим ниже, даже в стерильных условиях эксперимента человеческое поведение обнаруживает черты замечательной гибкости и приспособляемости и служит прекрасным образцом для подражания при создании технических систем адаптивной передачи данных.

В настоящей главе будут изложены результаты проведенного нами экспериментального исследования поведения человека в ситуации выбора [1]. В дальнейшем эти результаты будут использованы для построения соответствующей математической модели.

Исследования процессов восприятия с позиций теории информации постепенно переросли границы исходных представлений о системе связи Р. Хартли и К. Шеннона. Разработка структурных и кинематических аспектов проблемы преобразования информации в деятельности человека привела к двум результатам. С одной стороны, осуществленная психологами детализация информационных процессов позволила уточнить представления лингвистов о глубинных структурах языка. С другой стороны, внедрение в психологию понятий теории информации с целью использования точных количественных мер изменило ориентацию психологии в сторону семиотики, так что последняя стала пониматься как наука о процессах преобразования информации и знаков.

В частности, изучение восприятия с позиции теории связи искажало уравновешенную целостную картину психических процессов: информационные преобразования начинались и заканчивались на уровне сенсорики. Между тем любая процедура преобразования знаков может быть реализована в самых разных психических процессах, оставаясь неизменной по своему информационному механизму. Например, процедура кодирования может осуществляться и в сенсорной системе, и в структу-

[1] В проведении экспериментов принимала участие Г. Г. Вучетич.

рах памяти, и в сознании, и в локомоционной системе. Она может включать весь организм, формируясь либо на физиологическом уровне (функциональные системы), либо на собственно психическом уровне. В равной степени потенциальная произвольность актуализации распространяется и на более сложные процессы, включая адаптацию.

Возникает проблема соотнесения функций преобразования информации и реализующих их психических процессов. Сразу можно отметить, что характер соответствия будет существенно различен для информационных процессов, «заложенных» в физиологических системах организма, и для социально заданных процедур, выполняемых человеком в труде или в эксперименте.

Выявить соотнесенность двух систем процессов, ограничившись только изучением восприятия, затруднительно. По-видимому, следует перейти к анализу более широкого круга явлений.

Первые исследования пропускной способности человека как звена системы связи показали, что информационное описание охватывает деятельность субъекта в целом и получаемые количественные оценки отражают не только свойства сенсорных процессов, но и процессов памяти, воспроизведения и др. [29; 30; 61; 62; 67; 112; 135; 167; 168].

В равной степени эксперименты Л. Арана, Е. Н. Соколова [12], О. К. Тихомирова [214], хотя и были интерпретированы под углом зрения исследований восприятия, отчетливо продемонстрировали, что наблюдаемые феномены перестройки способов опознания, приближения к оптимальным кодам и т. п. не могли быть объяснены только функционированием сенсорной системы (здесь — тактильных раздражителей), но требовали подключения механизмов памяти, локомоций и др.

Особенно наглядно необходимость трактовки информационного процесса как результата целостной активности субъекта проявилась в исследованиях реакции выбора. Если изучение восприятия с позиций теории информации позволило выявить ряд структурных моментов в механизме переработки информации человеком, то экспериментальные исследования реакции выбора подчеркнули многоплановость реализации этого механизма в психике человека.

Первые попытки применить теорию информации для

описания результатов измерений времени реакции человека в ситуации выбора относятся к началу 50-х годов. Полученные результаты [284; 286] были обнадеживающими: удалось установить достаточно четкую линейную зависимость времени реакции от величины энтропии, хотя конкретный вид зависимости оставался нераскрытым.

Последующие эксперименты, однако, показали, что в некоторых случаях время реакции остается нечувствительным к изменению вероятностных свойств сигналов [115; 304]. Более того, ложные сведения о вероятностях будущих сигналов, сообщаемые испытуемому перед началом эксперимента, искажали зависимость. Форма аналитической зависимости изменялась, когда одному из сигналов придавалась особая значимость [118; 119; 120; 133]. В наших публикациях также отмечалось, что зависимость времени реакции от энтропии сигналов может изменяться в очень широких пределах [81; 82; 94].

Эти результаты в основном согласовывались с данными исследований процесса восприятия и порождали серьезные сомнения в применимости теоретико-информационных мер. Однако детальное сопоставление результатов не проводилось. Считалось самой собой разумеющимся, что вся специфика преобразований сигналов объясняется особенностями человека как приемного устройства, т. е. особенностями его воспринимающей системы. Такая позиция затрудняла интерпретацию результатов и не позволяла наметить конструктивные подходы к расширению возможностей применения теории информации в психологии.

1. Условия эксперимента и обоснование методики

Время реакции человека определяется большим числом факторов. Часть из них доступна контролю экспериментатора. Это прежде всего внешние условия проведения эксперимента, которые поддерживались неизменными. Другие факторы остаются нерегулируемыми и их влияние на результаты учесть трудно. Наряду с объективными показателями каждого испытуемого (например, отсутствие органических дефектов в сенсомоторной системе) большое значение имеет стремление выполнить предписываемую работу, способность идентифицировать экспериментальную ситуацию и т. д.

Организация эксперимента. Рассмотрим внешние факторы эксперимента и вопросы технического оснащения, а затем остановимся на проблеме выбора внутренних переменных, контролируемых в ходе эксперимента.

В ходе экспериментов были приняты меры для поддержания стабильности внешних условий. Испытуемый работал в изолированном помещении, имеющем общий верхний источник света, создававший освещенность на рабочем месте ~20 лкс.

Предъявляемые символы высвечивались на люминесцентном табло, расположенном в 2,5 м от испытуемого. Табло состояло из 9 люминесцентных индикаторов (3 × 3), причем 8 ячеек создавало фон (на них высвечивались постоянные изображения), а на центральную ячейку подавался сигнал. Яркость свечения индикаторов составляла ~40 нит. Изображение имело зеленоватый оттенок, что хорошо контрастировало с общим желтым фоном стен и мебели помещения.

В опытах использовался семиламельный люминесцентный индикатор (рис. 3). Детальная характеристика ячейки дается в [205].

Ответ испытуемого регистрировался с помощью кнопочного пульта (рис. 4). Кнопки располагались в ряд в порядке возрастания 1,2. . . . . ., 9,0. Диаметр кнопок — 20 мм, расстояние между осями соседних кнопок — 30 мм. Пульт размещался на рабочем столе перед испытуемым. Наклон передней стенки составлял 20°.

В инструкции предлагалось работать как можно скорее и, по возможности, без ошибок. Перед первым сеансом испытуемый знакомился с пультом; с ним проводился небольшой пробный эксперимент продолжительностью не более 5 мин. Результаты при этом не фиксировались. В дальнейшем перед началом работы испытуемый делал только небольшую разминку ~1 мин.

Работа испытуемого могла протекать в двух режимах: непрерывном и дискретном.

В непрерывном режиме новый символ предъявлялся тотчас после того, как испытуемый заканчивал обработку предыдущего сигнала. Время реакции фиксировалось от момента предъявления символа до нажатия кнопки.

В дискретном режиме интервал времени между последовательными символами устанавливался экспериментатором. Фиксировалось только время реакции.

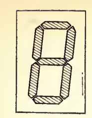


Рис. 3. Семиламельный люминесцентный индикатор

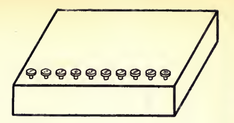


Рис. 4. Пульт испытуемого

Программа размещалась в быстродействующей памяти (МОЗУ) машины [2]. Исходные данные были записаны на магнитном барабане. К исходным данным относились вектор вероятности появления символов или матрица условных зависимостей. В течение дня испытуемый мог участвовать не более чем в одном экспериментальном сеансе. Каждый *сеанс* складывался из *отрезков* времени, продолжительность ~5 мин, в течение которого предъявлялась последовательность сигналов с фиксированными стохастическими свойствами.

Перед началом эксперимента лаборант переписывал необходимую часть исходных данных из долговременной памяти машины в быстродействующую. После этого на табло испытуемого зажигался сигнал готовности машины. С помощью условного кода, который сообщался в инструкции, испытуемый извещал о своей готовности к участию в эксперименте. Затем предъявлялся первый символ, и одновременно включались электронные часы, которые были смонтированы в машине на базе двоичного счетчика.

Выбор предъявляемого символа осуществлялся с помощью датчика случайных чисел согласно условиям эксперимента.

После предъявления символа машина запоминала момент выдачи и приступала к обработке предыдущего ответа и к подготовке нового задания.

---

[2] Программирование было осуществлено совместно с В. И. Веселовым.

Текущая обработка в момент времени t_n состояла в вычислении $\sum_{i=1}^{n} t_i$ и $\sum_{i=1}^{n} t_i^2$, где t_i — время реакции в момент i; в заполнении матрицы ошибок $\|a_{ij}\|$, где индекс i обозначает предъявленный символ s_i; j — ответ испытуемого v_j; a_{ij} — число реакций $r_{ij} : s_i \to v_j$.

Время каждого отрезка эксперимента было фиксированным и устанавливалось заранее. По истечении этого времени испытуемому подавался на табло сигнал об окончании, машина переходила к обработке результатов и выдавала их на печать. После чего следовала новая серия символов с другими вероятностными закономерностями.

В ходе окончательной обработки вычислялось

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{n},$$

$$Dt = \frac{1}{n-1}\left(\sum_{i=1}^{n} t_i^2 - n t_{\text{ср}}^2\right).$$

Также нормализовалась матрица ошибок:

$$\| a_{ij} \| \to \| b_{ij} \|,$$

где

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^{m} a_{ij}},$$

m — длина алфавита символов.

Вычислялись частоты предъявления каждого из символов:

$$\nu_i = \frac{n_i}{n}, \quad \text{где} \quad n_i = \sum_{j=1}^{m} a_{ij},$$

и значение квазиэнтропии по предъявлению:

$$G = -\sum_{i=1}^{m} \nu_i \log_2 \nu_i.$$

В силу случайного характера выбора предъявляемого символа значение квазиэнтропии несколько отличалось

Таблица 2

Результаты работы испытуемой Н.К. с равновероятной последовательностью C^1

Дата	Начало сеанса		Конец сеанса		Разность, сек
	Время ответа, сек	Среднеквадратичное отклонение	Время ответа, сек	Среднеквадратичное отклонение	
17.12	1,23	0,25	1,13	0,26	—0,10
11.1	1,35	0,24	1,28	0,38	—0,07
11.1	1,26	0,35	0,98	0,23	—0,28
13.1	0,99	0,37	0,93	0,23	—0,06
13.1	0,95	0,21	0,98	0,31	0,03
18.1	0,99	0,19	1,00	0,24	0,01
18.1	1,10	0,17	1,20	0,18	0,10
18.1	1,03	0,17	1,00	0,19	—0,03
15.2	1,05	0,17	0,95	0,19	—0,10
15.2	0,91	0,17	0,89	0,17	—0,02
22.2	0,97	0,19			

от заданного. Величина расхождения не превышала 0,1 бит/симв.

На печать выдавались исходные данные эксперимента, обработанные показатели работы испытуемого и результаты наблюдений над ошибками.

Внутренние факторы эксперимента. Факторы, не поддающиеся непосредственному влиянию экспериментатора, можно разделить на две группы. Это в первую очередь индивидуальные различия. Их можно исключить, проводя независимую обработку результатов по каждому испытуемому. Несравненно сложнее учесть изменения состояния каждого испытуемого.

В необходимости учета состояния испытуемого при обработке результатов по времени реакции можно убедиться, сравнивая показатели работы испытуемого в разное время в одних и тех же экспериментальных условиях.

В качестве теста мы предъявляли равновероятную последовательность C^1 из 10 символов (1, 2, 3. . ., 9, 0). В табл. 2 приведены результаты работы с последовательностью C^1 одной из испытуемых.

В общей сложности мы имели возможность сопоставлять значения времени реакции в начале и конце сеанса у 7 испытуемых в 49 сеансах.

Наряду со средними значениями времени реакции там указаны размеры среднеквадратического отклонения σ. Обращает па себя внимание относительно высокое значение величины σ, что может быть объяснено значительными колебаниями времени реакции. Однако большое число актов реагирования ($\sim$300), послуживших основой для вычисления среднего значения, позволяет получить хорошую точность. Оценка среднеквадратического отклонения среднего значения составляет в большинстве случаев 0,015, так что границы 95%-ного доверительного интервала отклоняются от среднего всего на $\pm$0,03 сек. Это значение показывает, что наблюдавшиеся у многих испытуемых различия (до 0,2 сек) между средними значениями времени реакции не могут быть объяснены случайными флуктуациями в функционировании единого механизма, и в процессе обработки нужно учитывать состояние испытуемого.

Более строго доказательство этого утверждения можно провести с помощью однофакторного анализа по методике, изложенной в руководстве Урбаха [224]. Необходимые вычисления по всем испытуемым показали, что дисперсия средних σ^2_Σ не менее $6 \cdot 10^{-3}$, тогда как средняя дисперсия по каждому из испытуемых составила $\sim 2 \cdot 10^{-4}$. Использование критерия Фишера (отношение дисперсий) показывает, что результат является существенно значимым ($\alpha < 10^{-3}$).

Дальнейшее применение дисперсионного анализа к полученным результатам позволило также выявить индивидуальные различия. При этом проверялась гипотеза, что колебания средних значений $t_{\text{инд}}$ являются одинаковыми для всех испытуемых. Каждое значение t среднего времени реакции на отрезке рассматривалось как первичный экспериментальный результат, и вновь применялся метод однофакторного анализа [224]. При этом дисперсия индивидуальных средних оказалась равной 0,025, тогда как в случае истинности гипотезы о принадлежности наблюдаемых значений t_i к одной генеральной совокупности она должна была составить $\sim$0,002. И здесь различие дисперсий столь велико, что удовлетворяет критерию значимости ($\alpha < 0{,}01$).

Нужно было проверить, не является ли наблюдаемый разброс значений следствием обучения. На основе значений времени реакции 7 испытуемых, участвовавших

в экспериментах длительное время: не менее 400 мин, проведенных испытуемым за пультом,— был рассчитан коэффициент регрессии; значимого отличия от 0 не обнаружено. По-видимому, незначительность эффекта обучения связана с тем, что время одного сеанса достаточно велико и испытуемый успевает приспособиться к работе за пультом. Сказывается также предварительная тренировка. Кроме того, небольшой эффект обучения смазывается колебаниями времени реакции от сеанса к сеансу.

Проведенный анализ позволил нам представить время реакции на символы из последовательности C^1 как функцию трех случайных величин:

$$T = f(Z, Y, X), \tag{4.1}$$

где Z — случайная величина, определенная на множестве испытуемых, Y — характеризует состояние испытуемого, X — совокупность случайных факторов, определяющих отдельный акт реагирования.

Все три случайных величины имеют различную дискретность. Реализация Z определяется актом выбора экспериментатора; изменение состояния Y не удается зафиксировать непосредственно, но *a priori* можно утверждать, что скорость изменения состояния неизмеримо меньше, чем скорость одной реакции. Вполне допустимо предположение, что все три случайных величины взаимонезависимы.

Зависимость наблюдаемого времени реакции от трех указанных переменных мы представили в такой форме:

$$\tau = f(\zeta, \eta) + \xi, \tag{4.2}$$

где τ — конкретное значение времени реакции в индивидуальном акте реагирования, $\tau \in T$;

$\xi \sim F(0, \sigma_X^2)$ — распределена произвольно с нулевым средним и дисперсией σ_X^2, $\xi \in X$;

$f(\zeta, \eta) \sim N(t(\zeta), \sigma_Y^2)$ — распределена нормально со средним $t(\zeta)$ и дисперсией σ_Y^2, $\eta \in Y$;

ζ — распределена произвольно, $\zeta \in Z$.

Проведенный анализ показал, что реализации τ в разные отрезки времени при различных η и фиксированных ζ не могут рассматриваться как реализации одной случайной величины. Необходимо учитывать, что конкретные значения τ, определяемые в течение разных отрезков, группируются около различных средних $f(\zeta, \eta)$,

которые отражают влияние индивидуальности испытуемого и его локального состояния.

На основе значений τ были найдены средние значения времени реакции по отрезку:

$$t = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\tau_i, \tag{4.3}$$

где τ_i — время реакции на i-ый член последовательности, предъявлявшейся в течение отрезка; n — число ответов испытуемого в одном отрезке.

Используя введенную форму зависимости, можно записать:

$$t = t(\zeta, \eta) + \bar{\xi}. \tag{4.4}$$

Здесь $\bar{\xi}$ обозначает среднее значение бо́льшого числа ($n \approx 300$) реализаций случайной величины ξ. Вследствие усиленно̄го закона больших чисел [64; 232] можно утверждать, что распределение $\bar{\xi}$ является нормальным с нулевым средпим и дисперсией $\frac{\sigma_X^2}{n}$: $\bar{\xi} \sim N\left(0, \frac{\sigma_X^2}{n}\right)$.

Следовательно, оценки среднего по отрезку значения времени реакции t также распределены нормально:

$$t \sim N\left(f(\zeta, \eta), \frac{\sigma_X^2}{n}\right).$$

Результаты второго этапа статистического исследования показали, что выборки значений t, принадлежащие разным значениям ζ, не могут принадлежать одной генеральной совокупности, т. е. необходимо учитывать наличие индивидуальных различий. При этом значения t группируются около индивидуальных средних

$$t_{\text{инд}} = t(\zeta):\ t \sim N\left(t(\zeta), \sigma_Y^2 + \frac{\sigma_X^2}{n}\right).$$

В ходе дальнейшей отработки методики было обнаружено, что время реакции на тестовую последовательность C^1 изменялось даже в течение одного сеанса. Всего мы располагали 60 парами значений. Из них в 21 случае имело место значимое уменьшение времени реакции, в 16 случаях — его увеличение, в 23 случаях существенных изменений не было.

Использование критерия знаков для сопряженных вариантов показало, что нельзя обоснованно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии тенденции к увеличению или уменьшению времени реакции в ходе одного сеанса. Однако само по себе это различие в начале и конце сеанса в большинстве случаев являлось значимым. В некоторых сеансах это различие превышало по абсолютной величине 0,1 сек. Вероятность такого события в случае истинности гипотезы о равенстве значений не превышает 0,01. Мы вынуждены считаться с подобными изменениями состояния испытуемых в течение одного сеанса. Чтобы учесть влияние индивидуальных различий и состояния испытуемых, мы усложнили методику эксперимента и обработку результатов.

Прежде всего основной организационной единицей эксперимента стал сеанс. Каждый сеанс начинался и заканчивался предъявлением равновероятной последовательности C^1. В ходе сеанса предъявлялись последовательности, наделенные некоторыми стохастическими закономерностями. Таким образом, сеанс распадался на отрезки времени, в течение которых предъявлялось по одной последовательности.

Продолжительность одного отрезка была фиксирована заранее и составляла 300 сек. В среднем в течение одного отрезка предъявлялось $\sim$300 символов. Общая продолжительность сеанса варьировалась в зависимости от числа отрезков. Обычно в ходе сеанса предъявлялись 3 тестовых и 2 фоновых (C^1) последовательностей, так что сеанс продолжался $\sim$25 мин.

Подобная организация работы испытуемых позволяла нам фиксировать значение $t\ (\zeta, \eta)$ и следить за его изменением.

Обнаружив изменение времени реакции на последовательность C^1 в течение одного сеанса (табл. 2), мы ввели дополнительную гипотезу. Смысл ее сводился к тому, что в течение сеанса время реакции линейно изменяется от начального до конечного значения:

$$t_l = t_0 + \frac{t_k - t_0}{k}\, l. \tag{4.5}$$

Здесь t_0, t_k — значения времени реакции на последовательность C^1 в начале и конце сеанса.

k — число отрезков времени в одном сеансе, l — номер отрезка.

Величину t_l мы брали в качестве оценки величины $t(\zeta, \eta)$, характеризующей случайную реализацию способности испытуемого реагировать на символы последовательности C^1. Это есть гипотетическое время реакции, которое могло бы наблюдаться, если вместо исследуемой последовательности была предъявлена последовательность C^1.

Линейная зависимость была выбрана вследствие простоты. Учитывая вторичный характер рассматриваемого эффекта, принятое допущение можно считать оправданным. С целью проверки этой гипотезы нами были проведены дополнительные исследования, которые подтвердили, что линейная зависимость является вполне допустимой аппроксимацией.

Принципы обработки результатов. Исходная предпосылка различных исследований реакции выбора состоит в том, что при тождественных внешних условиях существует некоторый единый закон, которому подчиняется время реакции всех испытуемых. Обычно принимается, что наблюдающиеся отклонения имеют случайный характер. В наших предварительных исследованиях мы зафиксировали информационные характеристики символов, предъявляя равновероятную последовательность C^1 из 10 цифр, и показали, что наблюдаемые значения времени реакции не могут быть объяснены проявлениями единого случайного механизма, что следует учитывать не только индивидуальные особенности, но также и неконтролируемые параметры испытуемого, совокупность которых мы обозначили как состояние и рассматривали как случайную величину η.

В этих условиях возникает вопрос, какую закономерность или даже закономерности можно исследовать? Поскольку абсолютное значение среднего времени реакции подвержено существенным колебаниям, по-видимому, целесообразно перейти к относительным значениям, рассматривая изменение времени реакции на некоторую тестовую последовательность по отношению к времени реакции на равновероятную последовательность C^1.

В общем виде зависимость среднего времени $\overline{T}$ от энтропии H и других факторов может быть записана следующим образом:

$$\overline{T} = t(Z, Y, H) + \overline{X}.$$

Разлагая эту функцию в ряд Тэйлора по степеням

$\Delta H = H - H_1$, получим:

$$\overline{T} = t(Z, Y, H_1) + \frac{dt}{dH}\Big|_{Z, Y, H_1} \cdot \Delta H + \ldots + \overline{X}.$$

где $H_1 = 3,32$ бит/симв — энтропия последовательности C^1.

Взяв относительные значения, мы эту зависимость преобразовываем к такой:

$$\overline{T}_{\text{отн}} = \frac{t(Z, Y, H)}{t(Z, Y, H_1)} = 1 + \frac{\Delta H}{t(Z, Y, H_1)} \cdot \frac{dt}{dH}\Big|_{Z, Y, H_1} + \\ + \ldots + \overline{X}_{\text{отн}}. \quad (4.6)$$

Здесь t и $\frac{dt}{dH}\Big|_{Z, Y, H_1}$ — значения математических ожиданий генеральных совокупностей при данных Z, Y. Фактически мы имеем дело с их оценками, и поэтому зависимость (4.6) носит случайный характер, т. е. значения коэффициентов при ΔH в разложении Тэйлора в случае подстановки экспериментальных данных становятся случайными величинами. В частности, и первое слагаемое в формуле (4.6), равное 1, является оценкой того относительного времени реакции, которое должно иметь место при данных $\zeta \in Z$, $\eta \in Y$. Напомним, что величина $t(\zeta, \eta, H)$ определяется в эксперименте, а фоновое значение $t(\zeta, \eta, H_1)$ в соответствии с принятой гипотезой рассчитывается по формуле (4.5).

Переход к относительным значениям полезен также в том отношении, что мы получаем возможность по значению коэффициента $b = \frac{1}{t(\zeta, \eta, H_1)} \cdot \frac{dt}{dH}$ судить о *характере* изменения времени реакции. Так, в случае независимости времени от энтропии коэффициент b будет равен 0. С другой стороны, если пропускная способность испытуемого сохраняется *постоянной*, то независимо от абсолютного значения времени реакции величина b будет равна:

$$b = \frac{1}{H_1} \approx 0,3.$$

Кроме того, независимость коэффициента b от индивидуальных особенностей Z и состояния Y позволила бы нам утверждать существование единой зависимости времени реакции от энтропии в виде:

$$\overline{T}_{\text{отн}} = 1 + b\Delta H + \ldots .$$

Такой зависимостью на первый взгляд можно было бы компенсировать отсутствие единого закона для абсолютных значений времени реакции.

На рис. 5 *а*, *б* дан пример обработки экспериментальных результатов. Начальное значение составляет $t_0 = 0{,}83$ сек, конечное — $t_k = 0{,}81$ сек. Эти крайние значения соединяются прямой t_l, на которой гипотетически находятся значения времени реакции на символы равновероятной

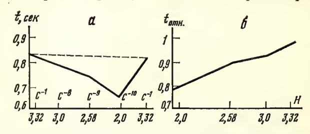


Рис. 5. Пример обработки результатов измерения времени реакции в одном сеансе (испытуемый В. В.)

а — исходные абсолютные значения; *б* — относительные значения

случайной последовательности C^1 (рис. 5а). На их основе получают относительные значения, которые наносятся на соседний график (рис. 5б).

Информационные свойства предъявляемых символов. Чтобы дать полное описание стохастических свойств предъявляемого материала, введем некоторые определения. Алфавитом называется конечное множество символов $S^k = \{s_1^k, \ldots, s_m^k\}$, которые могут быть предъявлены испытуемому. Каждому алфавиту поставим в соответствие вектор вероятностей $p^k = (p_1^k, \ldots, p_m^k)$ или матрицу $M^k = \| p_{ij}^k \|$. Компоненты вектора p^k характеризуют вероятность появления соответствующего символа s_i, $\sum_{i=1}^{m} p_i^k = 1$. Элементы матрицы M^k определяют условную вероятность p_{ij} предъявления символа s_j вслед за символом s_i. Пару $S \times p^k$ (или $S \times M^k$): алфавит символов и соответствующий ему вектор (или матрицу) — назовем ансамблем символов или просто ансамблем.

В каждый момент времени предъявляется только один символ. Совокупность n последовательных реализаций ансамбля будем обозначать C^k или M^k и называть после-

Таблица 3

Характеристика последовательностей независимых случайных символов

Обозначение последовательности	Длина алфавита, m	Вероятности предъявления цифр										Энтропия, H_k
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
C^1	10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3,32
C^5	10	1/15	1/15	2/5	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	1/15	2,87
C^6	10	1/30	1/5	1/30	1/30	1/5	1/30	1/5	1/30	1/30	1/5	2,84
C^3	10	1/40	1/40	1/40	1/40	2/5	1/40	1/40	2/5	1/40	1/40	2,12
C^4	10	1/30	1/30	1/30	1/30	1/30	1/30	1/30	1/30	0,7	1/30	1,83
C^8	8	1/8	0	1/8	1/8	1/8	0	1/8	1/8	1/8	1/8	3,0
C^9	6	1/6	1/6	0	1/6	0	1/6	1/6	0	1/6	0	2,58
C^{10}	4	0	1/4	0	0	1/4	0	1/4	1/4	0	0	2,0

довательностью. Последовательность C^k, образованную парой $S \times p^k$, будем называть «строка-последовательность», последовательность M^k, образованную парой $S \times M^k$, назовем «матрица-последовательность».

Эксперимент проводился в два этапа: на первом испытуемым предъявлялись строки-последовательности, на втором — матрицы-последовательности.

На первом этапе экспериментов исследовалась работа испытуемых при обработке строк-последовательностей, использовались алфавиты длиной 10, 8 и 4 символа, а также различные варианты векторов p^k. Всего на первом этапе было исследовано 8 различных ансамблей, представленных в табл. 3. Образуемые ими строки-последовательности мы обозначили как $C^1, \ldots \ldots . C^{10}$.

В последнем столбце табл. 3 приведены значения энтропии соответствующих ансамблей. Величина энтропии рассчитывалась по обычной формуле [252, с. 411]:

$$H_k = - \sum_{i=1}^{m} p_i^k \log_a p_i^k. \tag{4.7}$$

В качестве основания логарифмов было выбрано $a = 2$, т. е. энтропия измерялась в бит/симв.

Сравнивая между собой различные строки таблицы, следует обратить внимание на то, что изменение энтропии достигается как за счет длины алфавита, так и в резуль-

тате неравномерности распределения вероятностей, по символам. Например, ансамбли C^3 и C^{10} имеют примерно равные значения энтропии 2,0 бит/симв, но длины алфавитов у них различны: 10 и 4 символов. Наименьшую энтропию на первом этапе эксперимента имел ансамбль C^4: $H_4 = 1{,}83$ бит/симв.

2. Эксперименты с независимыми символами

Первоначальной задачей экспериментов по времени реакции на символы, образующие строки-последовательности, было обеспечить стыковку последующего экспериментального материала с известными литературными данными [118; 120; 284; 286]. Нам представлялось вполне естественным существование некоторого закона изменения времени реакции от энтропии ансамбля символов [284; 286; 166]. Последующие эксперименты заставили нас подойти к этой проблеме с принципиально иных позиций.

Результаты измерений времени реагирования. Все значения времени реакции, полученные в экспериментах с независимым случайным предъявлением символов, объединены в табл. 4, в левой части которой указаны абсолютные значения в мсек, в правой — относительные значения в процентах [3].

Все зависимости относительного времени реакции от энтропии предъявляемого материала, полученные в ходе одного сеанса, были нанесены на один общий график (рис. 6).

Обсуждение результатов. Прежде всего обращает на себя внимание исключительное разнообразие полученных зависимостей. Сравним, например, данные испытуемых А. Н. и Н. Б. (табл. 4). Если в первом случае можно увидеть линейную зависимость от энтропии, то во втором поражает постоянство времени реакции на разные последовательности. С помощью регрессионного анализа можно найти значения коэффициентов соответствующих линейных зависимостей. Результаты расчетов приведены в табл. 5. Различие обоих коэффициентов значимо.

Некоторые значения времени реакции, найденные в одном сеансе, не могут быть описаны линейной зависи-

---

[3] В обработке результатов принимала участие С. И. Тишина.

Таблица 4

Значение времени реакции в экспериментах с независимыми случайными последовательностями

Испытуемый	Дата эксперимента	Режим предъявления	Обозначение последовательности									Обозначение последовательности							
			C¹	C⁸	C⁵	C⁷	C⁹	C³	C¹⁰	C⁴	C¹	C¹	C⁸	C⁵	C⁷	C⁹	C³	C¹⁰	C⁴
			Величина энтропии, бит/симв									Величина энтропии, бит/симв							
			3,32	3,0	2,87	2,84	2,58	2,12	2,00	1,83	3,32	3,32	3,00	2,87	2,84	2,58	2,12	2,00	1,83
			Абсолютные значения времени реакции, млсек									Относительные значения времени реакции, %							
В.Н.	15.11	Н	1060	1060			916		700		1090	100	98			86		65	
В.Н.	22.3	Н	950							690	860	100					79		76
В.Н.	22.3	Н	830	780			740	730	660		820	100	94			90		80	
В.Н.	22,4	Н	800					660	635		820	100					81	78	
В.Н.	14,4	Н	720					620	620	610	800	100					73	72	69
В.Н.	14,1	Н	720		690	740	710				760	100		95	100	95			
Н.К.	13.1	Н	805					714	765	730	870	100					86	93	86
Н.К.	18.1	Н	840					740	740	660	930	100					86	88	72
Н.К.	18.1	Н	850		780		750				850	100		92		88			
Н.К.	18.1	Д	810		730		690				830	100		90		84			
А.К.	15.1	Н	994	1060			970		680.		1140	100	96			94		65	
А.К·	22.3	Н	940					740		640	850	100					81		73
А.К.	22.3	Н	860	850			740		660		850	100	99			81		78	
В.В.	1.11	Н	916			745		630			870	100			82		72		
А.Н.	1.11	Н	630			570		490			630	100			91		78		
Е.И.	1.11	Н	1370			1280		1230		1010	1390	100			93		89		73
Е.И.	18.1	Н	1050					950	950	830	1200	100					84	82	72

Таблица 4 (окончание)

Испытуемый	Дата эксперимента	Режим предъявления	Обозначение последовательности									Обозначение последовательности							
			C^1	C^8	C^5	C^7	C^9	C^6	C^{10}	C^4	C^1	C^1	C^8	C^5	C^7	C^9	C^6	C^{10}	C^4
			Величина энтропии, бит/симв									Величина энтропии, бит/симв							
			3,32	3,0	2,87	2,84	2,58	2,12	2,00	1,83	3,32	3,32	3,00	2,87	2,84	2,58	2,12	2,00	1,83
			Абсолютные значения времени реакции, мсек									Относительные значения времени реакции, %							
Е.И.	18.1	Н	1100		1000		1000				1200	100		88		85			
Е.И.	18.1	Д	1100		890		920				1050	100		82		86			
Н.Б.	13.1	Н	950					970	920	910	1010	100					99	96	91
Г.В.	15.3	Н	910					700		650	900	100					77		72
Г.В.	17.3	Н	1000				930		950		970	100				95		97	
Д.М.	24.3	Н	950	940			880		780	750	940	100	99			93		83	80
Д.М.	24.3	Н	900					790	720	.	920	100					86	78	
Ж.Г.	15.3	Н	940	910				710			950	100	97				75		
П.К.	11.11	Н	1210			1140		920		940	1340	100			92		72		72
С.К.	24.3	Н	1040	996			890		870		970	100	97			88		87	
А.М.	15.3	Н	920			850		760			870	100			93		85		
А.М.	14.4	Н	820					690		627	910	100					81		70
С.Т.	15.3	Н	770			730		650			750	100			94		86		

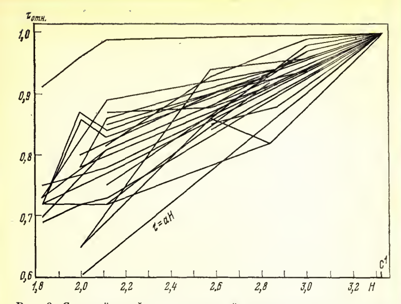


Рис. 6. Сводный график зависимостей времени реакции от энтропии сигналов

мостью, если мы будем предполагать, как это обычно принято в регрессионном анализе, что отклонения средних значений в каждом отрезке отличаются от прогнозируемых на нормально распределенную случайную величину с нулевым средним, т. е. при гипотезе:

$$\overline{T}_{\text{отн}} = f(\zeta,\ \eta,\ H) + \overline{\xi}.$$

Помимо этого, как мы обнаружили еще при обработке результатов по времени реагирования на последовательность C^1, необходимо учитывать изменения в состоянии

Таблица 5

Расчет линейной зависимости времени реакции от энтропии

Испытуемый	Дата	Относительное время реакции			Вид зависимости
		C^1	C^6	C^3	
С.Т.	6.11	1,00	0,94	0,86	$T_{\text{отн}}=1,00-0,125\ (H_1-H_\kappa)$
В.И.	1.11	1,00	0,82	0,72	$T_{\text{отн}}=1,00-0,20\ (H_1-H_\kappa)$

Таблица 6

Расчет прямой регрессии $\overline{T}_{\text{отн}}\ (H_i) = 1 + в(H_1 - H_i)$ по результатам экспериментов с независимыми случайными последовательностями символов

Энтропия H_i, бит/симв	3,32	3,00	2,87	2,84	2,58	2,12	2,00	1,83	Сумма $\sum_i$	Среднее $\frac{1}{n}\sum_i$
Число наблюдений n_i	30	7	5	7	12	17	15	10	103	1
$n_i H_i$	99,6	21,0	14,35	19,88	30,96	36,04	30,0	18,3	270	2,62
$n_i H_i^2$	331	63,0	41,2	56,5	79,9	76,4	60,0	33,4	741	7,19
$\sum_j T_{ij}$	30,0	6,80	4,47	6,45	10,7	13,9	12,2	7,5	92,1	0,894
T_i	1,00	0,97	0,894	0,92	0,89	0,816	0,816	0,75		
$\sum_j T_{ij}^2$	30,0	6,61	4,01	5,96	9,58	11,41	10,14	5,67	83,37	0,809
$H_i \sum_j T_{ij}^2$	99,6	20,4	12,83	18,32	27,63	29,42	24,50	13,72	246,4	2,39

Таблица 6 (окончание)

Энтропия H_i, бит/симв	3,32	3,00	2,87	2,84	2,58	2,12	2,00	1,83	Сумма $\sum_i$	Среднее $\frac{1}{n}\sum_i$
$S_H = \frac{1}{n}\Sigma n_i H_i^2 - \left(\frac{1}{n}\Sigma n_i H_i\right)^2$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,31
$S_T^2 = \frac{1}{n}\Sigma T_{ij}^2 - \left(\frac{1}{n}\Sigma T_{ij}\right)^2$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,011
$S_{HT} = \frac{1}{n}\Sigma H_i t_{ij} - \overline{H}\ \overline{t}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,048
$r_{HT} = S_{HT} / S_H \cdot S_T$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,82
$b = \frac{S_{HT}}{S_H^2}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,16

испытуемого, которые в данном случае выражаются в вариациях коэффициента $\frac{dt}{dH}$ при первой степени разности ΔH в уравнении (4.6). Принимая, что порядок дисперсии коэффициента $\frac{dt}{dH}$ сравним по порядку с дисперсией $D(t(\eta, \zeta, H_1))$ случайной величины, обусловленной влиянием личности и состояния испытуемого, мы получаем, что отличие регрессионной зависимости от прямой не является значимым с вероятностью $1-\alpha = 0{,}95$. Результаты регрессионного анализа представлены в табл. 6. Значение линейного коэффициента регрессии равно $b = 0{,}16$. Мы отдаем себе отчет в том, что это значение является отражением индивидуальных особенностей личности и локальных свойств участвовавших в опытах. Значение остаточной суммы квадратов $R = 3 \cdot 10^{-2}$ является слишком большим, по сравнению со средней остаточной суммой квадратов по каждому из сеансов, чтобы мы могли считать отдельные реализации коэффициентов линейной зависимости принадлежащими одной генеральной совокупности.

Несмотря на все сказанное о несовместимости отдельных результатов, мы можем сделать другой, более существенный вывод. Обращает на себя внимание такая особенность зависимостей времени реакции от энтропии на рис. 6. Все кривые располагаются в довольно узком секторе, ограниченном двумя прямыми:

$$\overline{T}_{\text{отн}} = 1; \; \overline{T}_{\text{отн}} = 1 - 0{,}3\,(H_1 - H). \qquad (4.8)$$

Первая прямая соответствует случаю, когда время реакции не изменяется от энтропии, т. е. испытуемый не реагирует на изменение стохастических свойств предъявляемого материала (например, в табл. 4 мы видим, что некоторые испытуемые почти с равной скоростью отвечают как на последовательность C^1 из десяти символов, так и на последовательность C^{10} из четырех символов).

Вторая прямая, которая ограничивает снизу все точки, кроме двух, соответствует закону Шеннона об оптимальном кодировании. По этому закону должно изменяться время передачи сообщений, когда пропускная способность системы связи остается неизменной.

Это заставляет нас по-новому подойти к толкованию наблюдавшихся в наших экспериментах и в эксперимен-

тах других авторов [284; 286; 304] зависимостей времени реакции от энтропии.

Прежде всего нуждается в объяснении факт значительного разброса экспериментально найденных зависимостей времени реакции от энтропии сигналов. Может сложиться впечатление, что экспериментатор был недостаточно строг в отборе результатов. В традиции исследований реакции выбора от испытуемого добиваются «наилучшего качества» работы, считая удовлетворительными только те результаты, которые были получены при полной самоотдаче испытуемого. Тем самым в обычных исследованиях адаптационные процессы выходили за границы «поля зрения» наблюдателя.

В настоящем исследовании фиксировались и учитывались *все* результаты. Сеанс начинался с фоновой последовательности C^1, и к появлению новой последовательности, содержащей стохастическую закономерность, испытуемый не готовился. Испытуемый сам брал на себя «обязательства по качеству» реагирования.

Использование ЭВМ для предъявления символов, по-видимому, ослабляло зависимость испытуемого от социального давления экспериментатора, облегчая ему свободу выбора уровня напряженности выполнения задания.

Кроме того, и непрерывный темп подачи сигналов, и сравнительно высокая скорость предъявления в дискретном режиме (1,5—2 сек на символ) затрудняли подготовку испытуемого к реагированию, увеличивая трудности приспособления к изменяющимся информационным характеристикам.

В известной мере своеобразие полученных результатов обусловлено методом обработки. Благодаря переходу к относительным значениям нам удалось снять «шум», вносимый в суммарные результаты функциональными состояниями испытуемых, и более точно фиксировать закономерности изменения времени реагирования в течение одного сеанса.

В конечном счете нам удалось для реакции выбора подтвердить существование эффекта динамической адаптации, обнаруженной Л. Арана и Е. Н. Соколовым в ситуации опознания. Однако этот вывод не следует непосредственно из факта изменения времени реакции, как это обычно принимается, и может быть обоснован только после небольших вычислений [81; 82; 91].

Установленный экспериментально факт зависимости времени реакции от длины алфавита показывает, что человек при выполнении реакции умеет приспособиться, изменить систему координат в фазовом пространстве движений, ограничивая число степеней свободы, используемых для построения реакции [4].

Работа по перестройке фазового пространства сенсомоторной системы облегчается тем, что сенсомоторная система обладает большой избыточностью и одна и та же реакция может быть реализована многими разными способами, иначе: одному передаваемому сообщению соответствуют несколько кодов.

Становится ясным, что процесс приспособления требует определенной активности, направленной на анализ совершаемых действий и перестройку сенсомоторной системы, что предполагает участие иных психических процессов, кроме сенсорного и моторного.

В наших экспериментах мы видим, что некоторые испытуемые были не способны решить эту задачу, тогда как другие блестяще с ней справлялись (рис. 6). Мы можем сказать, что величина производной $\frac{dT}{dH}$ в зависимости $T = T(H)$ времени реакции от энтропии характеризует прежде всего способность человека перестраивать свою внутреннюю структуру (фазовое пространство своих восприятий и движений) в соответствии с вероятностной структурой передаваемых сообщений. Этот процесс аналогичен процессу выработки кодовых отображений в адаптивной системе связи.

После сказанного становятся понятными некоторые кажущиеся парадоксы. В экспериментах Дж. Моубрея [304] было получено, что после длительной тренировки испытуемые не изменяют времени реакции при уменьшении числа передаваемых символов. Это вызвало сомнения в справедливости энтропийной зависимости. Но данный факт, с нашей точки зрения, показывает только то, что функциональные структуры организма потеряли гибкость, т. е. фазовое пространство сенсомоторной системы потеряло способность перестраиваться. На языке теории информации это означает, что кодовые системы не изменяются.

[4] Этот факт необходимо учитывать при конструировании сложных самодвижущихся механизмов.

До сих пор мы не затрагивали вопроса о том, как осуществляется изменение времени реакции при работе с алфавитом неизменной длины, но с разными вероятностями появления символа.

Здесь мы вновь можем обратиться к экспериментам Е. Н. Соколова, Л. Арана, О. К. Тихомирова [12; 203; 204; 214]. Ими было показано, что изменение распределения вероятностей появления тестовых ситуаций изменяло структуру опознавательных движений в направлении уменьшения среднего числа ощупываний. Существование преимущественной тестовой ситуации приводило к выделению признака, вычленяющего ее из множества допустимых. Среднее число ощупываний в этих экспериментах совпадало с оценками, найденными на основе теории информации.

В какой степени эти результаты применимы для описания движений? Структура фазового пространства сенсомоторной системы может быть изменена таким образом, что длины кодов будут соответствовать длинам, рассчитанным по методу Шеннона. При этом для ответа на более частый символ требуется меньшая перестройка вектора, описывающего соответствующую реакцию.

В заключение еще раз следует подчеркнуть, что между психофизиологическим описанием деятельности человека и функционированием адаптивной системы связи может быть установлено взаимно однозначное соответствие. При этом в процессе передачи символов с изменяющимися стохастическими свойствами необходимо выделять не только процесс собственно передачи сообщений, но и процессы оценки стохастических свойств и выработки систем кодов.

Полученные результаты экспериментов с независимыми случайными последовательностями не только подтвердили существование зависимости времени реакции от информационных свойств символов, но и позволили по-новому взглянуть на проблему поиска количественных соотношений в поведении человека.

Прежде всего были отмечены значительные колебания времени реакции как для разных испытуемых, так и для одного испытуемого в различных сеансах. Время реакции изменялось в ходе сеанса даже на неизменную последовательность. С целью учета этих изменений пришлось выработать специальную методику организации предъявляемого материала и способа обработки наблюде-

ний. Каждый сеанс начинался и заканчивался предъявлением фоновой равновероятной последовательности C^1 из десяти символов. Основным показателем было отношение найденного времени реакции к гипотетическому фоновому значению.

Важнейшим результатом эксперимента можно считать установление того факта, что зависимость времени реакции от энтропии сигналов определяется индивидуальными особенностями и состоянием испытуемого, изменяясь от сеанса к сеансу. Для одних испытуемых время реакции практически постоянно, тогда как у других оно находится почти в прямой пропорциональности от энтропии ансамбля символов. Этот факт позволяет нам утверждать, что не существует единого закона, которым можно отобразить зависимость времени реакции от энтропии. Соотношения типа «закона Хика» указывают предел, которого может достигнуть человек, приспосабливаясь к изменяющимся стохастическим свойствам предъявляемого материала. Различные частные формы зависимости отражают бóльшую или мéньшую степень приспособления.

Отсутствие единого закона изменения времени реакции от энтропии указывает на отсутствие единого психического механизма осуществления сенсомоторной реакции. В соответствии с этим основное направление последующих исследований должно быть направлено на изучение реализации механизмов реагирования в психических процессах и перестройку формы реализации в зависимости от условий среды.

Проведенный в ходе исследований анализ совершаемых ошибок [82] показал влияние моторной системы человека на адаптацию к стохастическим свойствам ансамбля символов. Было показано существенное влияние двигательной компоненты на точность дизъюнктивной реакции; отмечено различие в характере ошибок при обработке последовательностей, снижение энтропии которых достигалось сокращением длины алфавита или преимущественным предъявлением некоторых символов. С помощью анализа плотностей ошибок выявлены интересные особенности воспроизведения редких символов, которые преимущественно замещаются высоковероятными.

В целом полученные результаты вновь подчеркнули, что даже в такой, казалось бы, простой деятельности, как дизъюнктивное реагирование, проявляются те особенности информационного описания поведения человека,

которые отмечались в главе 3, что указывает на необходимость дальнейшего развития теоретико-информационных моделей.

Если процесс передачи кодов рассматривать как последовательный выбор используемых двигательных автоматизмов, то легко показать, что для эффективного приспособления необходима перестройка используемых автоматизмов или выработка новых, т. е. перестройка фазового пространства движения. Простое ограничение числа возможных реакций в рамках неизменной моторной системы не может привести к упрощению и ускорению процесса выполнения движения, поэтому в математическую модель реакции выбора необходимо включать наряду с сенсорным и моторным другие психические процессы.

3. Эксперименты с условно-зависимыми последовательностями символов

В психологических исследованиях реакции выбора обычно предполагается, что основная нагрузка падает на сенсорную систему, тогда как моторике отводится вспомогательная, чисто исполнительная функция. Изложенные выше экспериментальные результаты показали, что наблюдаемая закономерность изменения времени реакции от энтропии символов является следствием приспособительной активности человека, в которую включена наряду с сенсорной и моторная система человека.

Однако детали взаимного участия разных психических процессов в преобразовании сообщений оставались нераскрытыми. В полном объеме решение этой задачи весьма затруднительно. Здесь мы попытаемся показать неправомерность прямого переноса схемы передачи условно-зависимых сообщений на структуру психических процессов.

Для этой цели воспользуемся экспериментальным принципом, примененным Д. Н. Узнадзе в исследованиях установки [217, 218]. Этот принцип предполагает резкую смену условий деятельности, благодаря чему возникает несоответствие между новыми условиями и сформировавшейся ранее установкой. В результате экспериментатору удается наблюдать «парадоксальное» поведение испытуемого, не адекватное условиям среды. Диссонанс между «нормальным» и «парадоксальным» поведением позволяет

обнаружить различие между установками, формирующимися для каждой из ситуаций, и в конечном счете сделать выводы об их структуре.

В обсуждаемой здесь серии экспериментов испытуемым предъявлялись последовательности условно-зависимых символов. Это означало, что стохастические свойства символов менялись в зависимости от того, какой из символов предъявлялся в предыдущий момент времени. Другими словами, испытуемым приходилось работать в нескольких различных ситуациях, которые последовательно сменяли одна другую в соответствии с принятым законом. Тем самым принцип, предложенный Д. Н. Узнадзе, мы расширили, введя вместо однократной многократную смену условий.

Исследование работы оператора при передаче сообщений, имеющих условные зависимости, интересно и в других отношениях. Условно-вероятностная схема генерации сообщений, как это было показано К. Шенноном [252, с. 253—257], является лучшим приближением к реальным текстам, чем схема с независимыми вероятностями. Наличие условных связей снижает неопределенность источника, и необходимо выяснить, в какой мере человек способен воспользоваться этим обстоятельством.

Физиологическое описание указывает на непосредственное влияние предшествовавшего движения на эффективность выполнения последующего [98]; варьируя условные зависимости, можно надеяться исследовать это влияние.

Различия структуры системы связи при передаче независимых и условно-зависимых сигналов. Изменение характера предъявляемых последовательностей символов означает, вообще говоря, изменение процесса преобразования информации. Здесь мы сталкиваемся с характерной трудностью психологического эксперимента, которая встречается довольно часто. Исследуя некоторую систему психических процессов, приходится изменять внешние условия функционирования. При этом вслед за условиями перестраивается сама система и меняется предмет исследования. Подобная проблема возникла и в данном случае. Кстати, заслуга Д. Н. Узнадзе состояла в том, что он предложил наблюдать систему психических процессов до того момента, как она успела перестроиться. В нашей ситуации, когда испытуемый оказывался перед последовательностью изменений условий деятельности,

возможна выработка особого отношения именно к последовательности изменений. Применительно к задаче обработки информации это означает формирование такой системы процессов, которая предназначена для функционирования в качестве системы передачи условно-зависимых символов.

Процесс дизъюнктивного реагирования можно описать в системе понятий теории информации — на этом основано применение соответствующих математических выражений. Человек рассматривается тогда как канал связи, на вход которого поступают сигналы, воспроизводящиеся с некоторой задержкой в измененной модальности на выходе. В исследуемом случае на входе предъявляются зрительные символы, а ответ передается на пульт испытуемого.

Не вдаваясь в детали имеющихся в психологии толкований теоретико-информационного подхода, напомним об одном существенном различии между моделями теории информации и сложившимися представлениями о психической регуляции человеческой деятельности. Согласно определениям теории информации канал связи является устройством с неизменными физическими свойствами, которые могут подвергаться случайным флуктуациям. Соответственно времена передачи сообщений в среднем остаются постоянными. Чтобы объяснить наблюдающийся в эксперименте факт зависимости времени реакции от энтропии, мы должны перейти к построению других, более сложных теоретико-информационных моделей.

Использование количественных мер традиционной теории информации обычно оправдывают ссылками на правило, устанавливающее оптимальное соотношение между вероятностями p_i появления сообщений и длительностями l_i их передачи по каналу:

$$\frac{l_i}{\log p_i} = \text{const}.$$

При этом упускается из виду одно существенное обстоятельство: сформулированное правило устанавливает требования к оптимальным кодам сообщений, а реализует их конструктор системы связи. Эти требования относятся к конструированию системы связи, а не к ее функционированию.

Для описания процесса обработки последовательности независимых случайных символов, нам необходима мо-

дель системы связи, способной изменять свои кодовые отображения в зависимости от статистических свойств передаваемых сообщений, т. е. модель адаптивной системы связи. Только такая модель сможет передать необходимые черты изменчивости человеческого поведения и его приспособляемости к внешним условиям.

Для эффективного приспособления в системе связи должны быть совмещены три функции: 1) наблюдение за внешними условиями, что в данном случае состоит в оценке статистических свойств источника сообщений; 2) построение кодовых отображений, на основе которых каждому внешнему сигналу ставится в однозначное соответствие определенный процесс внутри системы, и 3) передача кодов по мере поступления сообщений, т. е. реализация отношений «вход—выход».

В обычной системе связи реализуется только третья функция, в адаптивной — первые две функции переходят от конструктора системы связи к самой системе.

Для моделирования поведения человека при обработке независимых случайных последовательностей необходимо построить систему, реализующую все три функции. В следующей главе мы займемся этой задачей. Сейчас для нас существен сам факт наличия трех различных функциональных блоков.

Наличие двух дополнительных функций при передаче сообщений с изменяющимися информационными свойствами требует различения двух типов установок.

К первому относятся установки, реализующие обработку символов с неизменными свойствами. Ко второму относятся установки, которые дополнительно содержат функциональные блоки, обеспечивающие перестройку установок первого типа.

При передаче условно-зависимых сообщений функциональная структура информационного процесса усложняется. В этом случае система связи должна состоять из отдельных подсистем, каждая из которых включается в передачу при соответствующих условиях. Иными словами, механизм оптимальной передачи условно-зависимых символов существенно отличается от механизма передачи независимых символов; соответственно различными будут и установки.

Следовательно, для обработки условно-зависимых последовательностей мы должны допустить существование

установок третьего типа, которые включают в себя установки второго типа и механизм их переключения.

Вытекающую отсюда возможность различия объектов исследования необходимо постоянно принимать во внимание при анализе последующих результатов.

В плане психологического содержания различия между тремя типами установок состоят в следующем. Установка второго типа содержит оценку стохастических свойств внешней среды, на основе которой перестраивается механизм непосредственного реагирования. Установка третьего типа предполагает наличие множества установок первого типа, которые сменяются после реагирования на каждый новый символ. Установка первого типа функционирует в системе установки второго типа, обеспечивая адаптацию к изменяющимся условным вероятностям.

Механизм функционирования установки третьего типа отличается с точки зрения психологии сложностью и искусственностью. Но именно такой механизм скрывается за схемой условно-вероятностного описания поведения человека, которая стала настолько привычной в языкознании, психологии и социологии, что никто не замечает ее неестественности. Действительно, условно-вероятностная схема позволяет объяснять ряд особенностей поведения человека, однако остается невыясненным, насколько неизбежно применение именно этой схемы, нельзя ли использовать другие объяснительные механизмы. Например, помимо указанных трех мы должны допустить возможность существования установки четвертого типа, в основе функционирования которой лежит правило пространственной близости: чем меньше расстояние между последовательными точками реагирования, тем короче реакция. Вместе с тем и этот механизм мы не можем принять как абсолютный объяснительный принцип. Прежде всего следует заметить, что установка четвертого типа фактически является разновидностью установки первого типа, так как функционирование каждой из них не связано с перестройкой сенсомоторной системы и с приспособлением к изменяющимся стохастическим свойствам символов.

Подлинная адаптация к изменяющимся вероятностям может осуществляться только установками второго или третьего типа, причем вопрос о психологической допустимости установки третьего типа сводится к вопросу о возможности перестройки сенсомоторной системы перед каждым новым актом реагирования.

Таблица 7

Информационные свойства условно-зависимых последовательностей

Обозначение последовательности	Стационарные вероятности символов, $\times 10^3$										Безусловная энтропия H_c	Условная энтропия H_y
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
M^1	124	100	127	065	118	091	094	116	090	075	3,29	2,72
M^2	93	109	147	88	120	99	88	100	55	101	3,30	1,00
M^3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	3,32	1,00
M^4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	3,32	0,14
M^5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	3,32	0,14

Описание тестового материала. Формирование условно-зависимых последовательностей символов производилось с помощью матриц условных вероятностей. Каждый элемент p_{ij}^k матрицы M^k показывает вероятность предъявления символа s_j вслед за символом s_i, т. е. состояние источника определяется символом, предъявленным в предыдущий момент времени.

Всего нами было использовано 5 различных матриц. Они отличались видом условных связей. По поводу каждой матрицы условных вероятностей были вычислены два значения энтропии: H_y с учетом зависимости между символами и H_c — на основе стационарных вероятностей. Эти характеристики, а также векторы стационарных вероятностей p^k приведены в табл. 7.

Сохранение установки. Необходимость фиксации типа установки, актуализируемой в деятельности испытуемого, проявилась на первом же этапе наших экспериментов с условно-зависимыми последовательностями символов. Следуя чисто внешним аналогиям, не учитывающим функциональных различий в системах передачи независимых и условно-зависимых сигналов, можно было бы предположить, что при обработке организованных последовательностей символов должны сохраняться закономерности, обнаруженные в экспериментах с независимыми случайными символами: уменьшение энтропии будет вызывать ускорение реакций. Однако первые же эксперименты показали, что ни о какой прямолинейной экстраполяции прежних результатов не может быть и речи.

Таблица 8

Матрица условных вероятностей M^1

Символы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	0,05	0,05	0,55	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,37	0,07	0,07	0,07
3	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,28	0,08
4	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,46	0,06	0,06	0,06	0,06
5	0,55	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
6	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,19
7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8	0,07	0,37	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
9	0,04	0,04	0,04	0,04	0,64	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
0	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,73	0,03	0,03

Таблица 9

Время реакции на условно-зависимую последовательность M^1 и на равновероятную последовательность C^1

Испытуемый	C^1	M^1	C^1	M^1	C^1
Е.И.	1,29	1,26	—	1,31	1,26
Н.К.	1,00	0,99	0,97	0,98	0,99
С.Т.	0,82	0,82	—	0,80	0,80
А.Н.	0,61	0,62	—	0,56	0,54

В качестве первоначального теста была взята последовательность, генерируемая в соответствии с матрицей условных вероятностей M^1 (табл. 8). Структура матрицы характеризуется тем, что для каждого символа s_i (кроме s_7) существует вполне определенный символ s_j, который появляется за ним чаще остальных. Например, первая строка матрицы M^1 указывает, что после цифры 1 вероятность появления цифры 3 равна 0,55, тогда как вероятность появления любой другой цифры составляет 0,05.

В табл. 9 приведены результаты экспериментов, которые оказались несколько неожиданными. Создавалось впечатление, что для испытуемых условные зависимости не существуют. Хотя энтропия матрицы M^1 равна $H_y^1 = 2{,}7$ бит/симв, значимого уменьшения времени реакции не наблюдалось. Отсюда можно было заключить, что при обработке условно-зависимых последовательностей испы-

Таблица 10

Сравнение независимых
и условно-зависимой последовательностей

Испытуемый	C^1		M^1		C^3		C^6		C^4		C^1	
	сек.	%	сек.	%	сек.	%	сек.	%	сек.	%	сек.	%
Е.И.	1,30	100	1,32	103	0,99	77	1,21	95	—	—	1,26	100
С.Т.	0,87	100	0,86	100	—	—	—	—	0,66	80	0,82	100

туемые сохраняют установку первого типа, используемую при работе с последовательностью C^1.

Можно было предположить, что в данном случае испытуемые не смогли сформировать установку второго типа. Подобные ситуации мы наблюдали при работе с независимыми последовательностями (табл. 4, рис. 6). Чтобы убедиться в том, что такое поведение не вызвано отсутствием способности к приспособлению, в один сеанс были включены два типа последовательностей: независимых и условно-зависимых символов. В табл. 10 приведены соответствующие результаты. Они показывают, что в то время как испытуемые четко реагируют на изменение энтропии строк-последовательностей C^3, C^4, C^6, убыстряя ответы, средняя продолжительность реакции при работе с матрицей M^1 не отличается значимо от C^1. Результаты, представленные в табл. 10, являются в известном отношении критическими, ибо указывают на существование у испытуемого установки второго типа в то время, когда установка третьего типа отсутствует. Тем самым ставится под сомнение допустимость использования для описания поведения человека условно-вероятностной схемы, предложенной К. Шенноном.

Эксперименты с матрицами M^2 и M^3. Отбросить схему обработки информации условными кодами без замены другой функционально-эквивалентной схемой мы не можем, поскольку с ее помощью описывается достаточно широкий класс поведенческих феноменов. Необходимо более подробно изучить механизмы психической регуляции поведения в тех случаях, когда наблюдаются эффекты приспособления к условным вероятностям.

Последующие эксперименты с условно-зависимыми последовательностями символов были направлены на исследование возможности существования условных зависи-

Таблица 11

Матрица M^2

Символы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1			0,5		0,5					
2						0,5			0,5	
3					0,5					0,5
4	0,5			0,5						
5		0,5					0,5			
6				0,5				0,5		
7				0,5		0,5				
8	0,5	0,5								
9							0,5			0,5
0			0,5					0,5		

Таблица 12

Матрица M^3

Символы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1		0,5								0,5
2	0,5		0,5							
3		0,5		0,5						
4			0,5		0,5					
5				0,5		0,5				
6					0,5		0,5			
7						0,5		0,5		
8							0,5		0,5	
9								0,5		0,5
0	0,5								0,5	

мостей, способствующих ускорению реакции испытуемых. С этой целью в ходе одного сеанса предъявлялись две последовательности на основе матриц M^2 и M^3 (табл. 11 и 12). Фоном, как и раньше, служили последовательности независимых равновероятных символов. Испытуемые работали в непрерывном и дискретном режимах. Результаты экспериментов приведены в табл. 13.

По данным табл. 13 отмечаем, что в дискретном темпе испытуемые работали несколько быстрее, чем в непрерывном, но скорости обработки последовательностей M^2 и M^3 сохраняли значимое отличие.

В целом время реакции на символы, предъявленные в соответствии с матрицей M^3, значимо отличается от времени реакции на фоновую последовательность C^1. В про-

Таблица 13

Сравнение двух условно-зависимых последовательностей $М^2$ и $М^3$

Испытуемый	Темп*	$С^1$		$М^2$		$М^3$		$С^4$		$С^1$	
		сек	%	сек	%	сек	%	сек	%	сек	%
А. Н.	Н	0,60	100	0,58	98	0,53	90	0,50	87	0,56	100
С. Т.	Н	0,94	100	0,96	104	0,78	87	0,70	79	0,87	100
С. Т.	Н	0,83	100	0,83	101	0,72	88	—	—	0,81	100
С. Т.	Д	0,82	100	—	—	0,63	79	—	—	0,78	100
Н. Б.	Н	1,10	100	1,00	96	0,91	92	—	—	0,91	100
Н. Б.	Н	0,97	100	—	—	0,73	81	—	—	0,84	100
Н. Б.	Д	0,88	100	—	—	0,71	85	—	—	0,77	100
В. В.	Н	0,86	100	0,89	103	0,63	84	—	—	0,87	100
В. В.	Д	0,67	100	0,69	101	0,60	86	—	—	0,72	100
А. К.	Н	0,82	100	0,83	101	0,73	90	—	—	0,80	100
А. К.	Д	0,69	100	0,70	100	0,64	90	—	—	0,71	100
Н. К.	Н	1,01	100	—	—	0,92	89	—	—	1,04	100
Н. А.	Н	1,26	100	—	—	0,94	74	—	—	1,27	100
Среднее			100		101		86		83		100

Н — непрерывный темп, Д — дискретный темп.

тивоположность этому время реакции на последовательность $М^2$ не отличалось от времени реакции на последовательность $С^1$ [5].

Мы видим, что существуют условные зависимости, которые позволяют испытуемому ускорить обработку информации.

Следовательно, появляется возможность понять наблюдающееся расхождение в скорости реагирования на последовательности $М^2$ и $М^3$.

Стохастические свойства обеих матриц практически совпадают; в табл. 4.7 мы приводили значения энтропии $H_с$ и $H_у$ для обеих последовательностей без учета ($H_с = 3{,}3$ бит/симв) и с учетом ($H_у = 1$ бит/симв) условных связей. Отсюда следует другой важный вывод: величина энтропии при обработке условно-зависимых последовательностей не может служить фактором, однозначно определяющим изменение времени реакции.

Различие между двумя последовательностями символов можно установить только при сравнении структуры мат-

[5] В двух сеансах этой серии мы продолжили предъявление неравновероятной последовательности $С^4$ и вновь наблюдали эффект приспособления.

риц. В случае предъявления последовательности согласно матрице M^3 после каждой цифры может предъявиться только соседняя, тогда как в матрице M^2 порядок смены весьма сложен. Следовательно, в первом случае условные зависимости легко выделяются в процессе работы, тогда как во втором остаются незамеченными.

Попытаемся более точно описать наблюдаемый феномен в понятиях теории связи. Будем, как и прежде, считать, что акт реагирования может быть записан в форме некоторого кода, буквы которого соответствуют элементарным двигательным актам. Ускорение реакций означает применение в среднем более коротких кодов. Условная энтропия источника сообщений указывает нижнюю границу средней длительности кодирования в системе, которая для каждого состояния источника имеет свою оптимальную систему кодов. Следовательно, ускорение реакции при уменьшении условной энтропии возможно только в том случае, если испытуемый вырабатывает для каждого состояния источника соответствующий способ реагирования.

Рассмотрим работу испытуемого с матрицей M^3. Переходя к алфавиту движений, мы отмечаем, что при любом состоянии источника испытуемый должен делать выбор между неизменными альтернативами: влево или вправо от нажатой ранее кнопки (несколько отличаются способы работы после символов 1 и 0, но и они могут быть включены в общую схему). Эта конструкция последовательности привычна, легко усваивается, и испытуемые начинают работать новым способом: для любого состояния источника используются неизменные коды, соответствующие двум возможностям продолжения последовательности. Тем самым в алфавите движений находят свое адекватное отражение условные зависимости матрицы M^3.

Нами были проведены эксперименты с другими типами условных зависимостей, которые допускали обобщение по типу M^3; они дали сходные результаты: испытуемые сокращали время реагирования, используя однообразные условные зависимости между символами. Соответствующие результаты приведены в работе [82].

Для матрицы M^2, как следует из данных табл. 13, по-видимому, не удается создать единые условные кодовые отображения. Из факта совпадения среднего времени реагирования можно заключить, что с последовательностями M^2 и C^1 была реализована неизменная установка первого типа.

Таблица 14

Матрица условных вероятностей M^4

Символы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1		1								
2			1							
3	0,9			0,1						
4					1					
5						1				
6				0,9			0,1			
7								1		
8									1	
9										1
0	0,1						0,9			

Таблица 15

Матрица условных вероятностей M^5

Символы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1						1				
2									1	
3										1
4	0,9							0,1		
5							0,1	0,9		
6				1						
7		1								
8			1							
9	0,1						0,9			
0					1					

Итак, эффект приспособления к условно-зависимым символам последовательности M^3 обеспечивается за счет формирования установки первого типа, сохраняющейся неизменной во время обработки последовательности M^3, которая включается в установку второго типа, благодаря чему обеспечивается общее приспособление к изменяющимся стохастическим свойствам символов. Допустить наличие установки третьего типа не представляется возможным и в этой серии экспериментов.

Образование блоков реакций. Другая форма приспособления к условно-зависимым последовательностям символов в реакции выбора была обнаружена по результатам экспериментов с матрицами M^4 и M^5 (табл. 14 и 15).

Вероятности переходов в табл. 14 и 15 показывают большое сходство матриц M^4 и M^5: в каждой из них символы разделены на три подмножества. Внутри подмножества переходы между состояниями однозначны. Существует только одно состояние в каждом подмножестве, из которого с малой вероятностью возможен переход в соседнее подмножество. Между собой матрицы M^4 и M^5 отличаются тем, что в матрице M^4 сохранялся привычный порядок следования цифр, тогда как в матрице M^5 он был получен по таблице случайных чисел.

Казалось бы, здесь можно ожидать результатов, аналогичных тем, которые наблюдались ранее при сравнении матриц M^2 и M^3. Однако в обоих случаях мы получили значимое уменьшение времени реакции по сравнению с фоновой последовательностью C^1 (табл. 16). При этом у всех испытуемых время реакции на последовательность M^5 было все-таки больше времени реакции на последовательность M^4.

Таблица 16

Среднее время реакции на условно-зависимые последовательности M^4 и M^5

Испытуемые	Темп*	C^1	M^4	M^5	C^1
		сек	сек	сек	сек
С. Т.	Д	0,66	0,42	0,50	0,77
С. Т.	Д	0,75	0,25	0,45	0,78
С. Т.	Н	0,79	0,44	0,56	0,76
С. Т.	Д	0,71	—	0,26	0,69
М. Б.	Д	0,76	0,55	0,69	0,77
Н. А.	Н	1,15	0,71	0,90	1,12
Н. К.	Д	0,78	0,53	0,68	0,79
Н. Б.	Д	0,79	0,61	—	0,75
Е. Р.	Д	0,75	0,45	0,72	0,73
Е. И.	Д	0,92	0,55	0,79	0,93

Н — непрерывный темп предъявления символов, Д — дискретный темп.

Прежде всего следует отметить, что величина условной энтропии этих последовательностей была существенно меньше, чем у последовательностей M^2 и M^3, составляя $\sim$0,1 бит/симв. Кроме того, изменился характер предъявляемого материала: вся последовательность символов как бы образовывалась повторяющимися «словами». Приведем

два примера реализации последовательностей для этих матриц:

M^4 — 123 123 123 456 456 7890 7890 7890 123 ...

M^5 — 729 729 729 164 164 8305 8305 8305 8305 ...

По-видимому, при обработке последовательности M^5 мы встречаемся с более сложной формой оптимизации сенсомоторной реакции, чем при работе с последовательностью M^3, включающей процессы памяти. Вследствие частого повторения и ограниченной длины «слов» происходит их быстрое запоминание, после чего неопределенность стимулов существует только на уровне «слов».

Конечная задача оптимизации состоит в выработке комплексов движений, соответствующих усвоенным «словам». Результаты экспериментов показывают, что испытуемые справляются с этой задачей. На языке теории информации мы могли бы сказать, что осуществляется переход к блочному кодированию.

В понятиях концепции установки полученные данные показывают, что испытуемые формируют установку первого типа, которая оперирует не отдельными символами, но «словами».

Эффект образования комплексов движений («слов») мы наблюдали и в более сложных ситуациях, когда последовательности формировались из блоков по 5 и 10 символов. Подробное изложение этих экспериментов мы опускаем. Необходимые сведения на этот счет можно найти в диссертационной работе автора.

Отметим только основные результаты.

В условиях предъявления длинных «слов» существенно возросла роль сенсорной системы в оптимизации реагирования, что, в частности, следовало из сопоставления времени реакций в дискретном и непрерывном темпах.

Было также показано, что запоминание «слов» не приводит к однозначному сокращению времени реагирования. В то же время ускорение реакций наблюдалось и в тех случаях, когда испытуемые не могли воспроизвести по памяти фиксированные блоки символов.

Ускорение реакций для «слов» с непривычным порядком следования символов вновь подтвердило недостаточность установки четвертого типа для объяснения эффекта приспособления.

Вместе с тем ряд наблюдений показал, что значительную роль в перестройке сенсомоторной системы играет осознание испытуемым особенностей предъявляемого материала и направленное приспособление к ситуации. Эти наблюдения были получены в экспериментах, где фиксированный блок символов постепенно «разрушался», переходя в условно-зависимую последовательность.

Функциональная роль сознания в перестройке сенсомоторной системы исследовалась неоднократно. В экспериментах М. А. Цискаридзе было показано, что осознание ситуации, включающее имитацию действий экспериментатора, оказывает существенное влияние на время и точность реакции [245]. О. А. Конопкин показал роль сознательных представлений о стохастических свойствах символов на скорость реагирования [115].

Результаты экспериментов с условно-зависимыми последовательностями символов имеют значение прежде всего для изучения возможности применения формальной схемы в качестве изображения психических процессов.

В теории информации условно-вероятностная схема передачи сообщений появляется как развитие схемы с независимыми случайными сообщениями. Кодирование на уровне слов рассматривается как следующий шаг в этом направлении. Между тем в психологическом отношении эти три схемы качественно различны, причем схема условных кодовых отображений, по-видимому, не может быть признана приемлемой с точки зрения соответствия психологическим представлениям.

Полученные результаты находят подтверждение в исследованиях восприятия, памяти и других, где применение условно-вероятностной схемы также требует существенных корректировок. Однако мы не можем окончательно отвергнуть условно-вероятностную схему. Необходимы дополнительные исследования. Прежде всего следует провести дифференцированное исследование реакций на отдельные символы условно-зависимой последовательности с учетом различий в состояниях порождающего случайного процесса. Далее, желательно провести анализ ошибок, подобный тому, который был выполнен нами для ответов на независимые символы (с учетом состояний) [82].

Вместе с тем имеющиеся данные с неизбежностью подводят к методологическому выводу о недопустимости смешения формальной схемы и системы психических процессов, ее реализующих. Этот вывод может показаться слиш-

ком тривиальным, если воспользоваться аналогией между человеком и вычислительной машиной. Тогда формальная схема будет соответствовать программе вычислений, а психические процессы — машинным операциям.

Однако подобная аналогия не учитывает, что психические процессы формируются выполняемыми операциями и сознанием. Стремясь приблизиться к психологической реальности, исследователи принимают один из этих факторов, забывая о другом. Следствием подобных ошибок становится, с одной стороны, отождествление психологии и теории информации, с другой — абсолютизация роли сознания и противопоставление формальной схемы как нормы поведения и психического процесса как конкретизации этой нормы.

Здесь следует провести дальнейшие различения. Если мы отказываемся принять (как психологически допустимую) установку, реализующую адаптивную передачу условно-зависимых последовательностей символов, то это еще не означает, что мы отрицаем возможность функционирования человека по алгоритму условного кодирования. Например, в экспериментах по угадыванию продолжений текста на естественном языке испытуемого провоцируют к использованию схемы условных вероятностей. Это достигается разрывом непрерывности восприятия (текст предъявляется побуквенно), содержанием вопросов (какие буквы ожидаются?) и другими деталями сценария эксперимента, которые не способствуют выявлению реального механизма восприятия текста, но создают новый, соответствующий требованиям экспериментатора.

Итак, на основании проведенных экспериментов мы установили, что оптимизация процесса передачи условно-зависимых символов возможна в двух случаях: 1) если характер условных зависимостей соответствует структуре двигательной системы, что позволяет создать условные кодовые отображения, незначительно отличающиеся при разных состояниях источника (например, в последовательности M^3); 2) если в процессе работы осуществляется переход к «блочной» обработке символов, что вызывает изменения в способе построения движения, а именно, переход к комплексам движений (в последовательности M^5).

Отметим, что в рассмотренных экспериментах процесс приспособления встречался практически в законченном виде — либо вследствие простоты предъявляемого материала (M^3), либо вследствие легкости обучения оптимальному способу работы (M^5).

Во всех случаях исполнительные механизмы играли существенную роль в приспособлении к изменяющимся свойствам предъявляемого материала.

Подводя итоги проведенных экспериментов, нельзя не обратить внимания на известное сходство между процессами восприятия и сенсомоторного реагирования в плане реализации процедуры обработки информации в психических процессах. Действительно, легко установить сходство между структурированием информации в сенсорной системе и формированием комплексов реакций.

Глава 5

Адаптивная передача сообщений как модель поведения человека

*

Модель системы связи, развитая К. Шенноном, оказалась недостаточной для описания поведения человека. Поэтому неоднократно предпринимались попытки развить ее как в концептуальном, так и в функциональном отношении.

Среди исследований, посвященных выяснению возможностей изменения логического обоснования теории информации, наибольшую известность получили работы А. Н. Колмогорова [113; 114].

Расширение функциональных свойств системы связи осуществлялось в основном за счет включения иных логических процедур. Здесь следует упомянуть работы Карнапа и Бар-Хиллела [270], Ю. А. Шрейдера [258; 259], Е. К. Войшвилло [45; 46].

Ряд модификаций теории информации был получен вследствие включения передачи сообщений в более общую функциональную систему. Например, в работах А. А. Харкевича получение сообщения отражалось на вероятности достижения цели [239]. М. М. Бонгард проследил различия в количественных оценках сообщений с позиций адресата и внешнего наблюдателя [23; 24]. Прагматическая роль сообщений была подробно изучена в работах Р. Л. Стратоновича [211] и других авторов [170; 271].

Содержание теории информации удалось развить Ю. М. Забродину, О. В. Ронжину и В. Ф. Рубахину [99] за счет использования временно́й неопределенности.

В русле обсуждения методологических проблем математизации психологии мы рассмотрим одну из частных модификаций системы связи, которая позволит развить понятийный аппарат теории информации в одном существенном отношении.

Ранее мы уже отмечали, что одной из важнейших особенностей поведения человека является адаптивность. Поэтому повышение степени адекватности формальной схемы, которая используется для описания поведения человека, возможно за счет придания ей свойства адаптивности. Несомненно, приспособление человека — сложный многоуровневый процесс, затрагивающий все формы активности и протекающий под непосредственным влиянием сознания.

Понятие адаптации не получило в психологии однозначного толкования. Иногда под адаптацией понимается любой процесс приспособления к внешней ситуации: социальная адаптация, сенсорная адаптация и т. д. В инженерно-психологическом проектировании деятельности человека адаптация рассматривается как приспособление средств деятельности к индивидуальным особенностям человека-исполнителя; соответственно выделяются контингентный индивидуальный, операционный и другие уровни адаптации [36].

В плане отношений формальной схемы и системы психических процессов представляют интерес оба основных направления адаптации и со стороны человека, перестраивающего функционирование своей психики, и со стороны социальной среды, приспосабливающей схему деятельности к возможностям человека.

Ниже мы дадим пример математического описания адаптации первого типа: субъекта к среде.

Разрабатываемые в настоящее время адаптивные конструкции далеко не достигают уровня функционального совершенства человека, однако переход от стационарных к адаптивным системам позволяет дать строгое выражение понятиям, которые до этого были представлены только в вербальной форме. Модель адаптивной системы связи позволит нам разделить два типа функций сообщения: информирующую и структурирующую.

1. Адаптивное кодирование на забывающих автоматах

Проблема передачи нестационарных сообщений недостаточно освещена в литературе. Например, в работе Б. М. Фитингофа «Оптимальное кодирование при неизвестной и меняющейся статистике сообщений», несмотря на название, исследуется передача только стационарных сообщений с неизвестными характеристиками [235].

Разработку проблемы мы начнем с построения адаптивной модели системы связи, способной учитывать кратковременные, локальные особенности статистических свойств сообщений. Такая модель описывает не только процесс передачи сообщений, но также исследовательскую работу по анализу статистик. Поведение модели изучалось при отсутствии помех.

Принцип работы адаптивной системы связи. На рис. 7 представлена блочная схема модели адаптивной системы связи. Она имеет много общего с традиционной моделью, введенной в употребление Шенноном [252], но отличается от нее несколько иной структурой источника сообщений и четырьмя дополнительными блоками.

Источник сообщений генерирует в дискретные моменты времени t $(-\infty < t < \infty)$ элементарные сообщения — символы a_i из алфавита $A = \{a_1, \ldots, a_m\}$, $2 \leqslant m < \infty$.

Элементарные сообщения образуют во времени последовательности $x_N(t)$, составленные из N символов, произведенных источником за N предшествовавших моменту t отрезков времени.

Нестационарность источника сообщений представлена следующим образом. В момент времени t источником сообщений реализуется некоторая случайная среда $\mathfrak{C}(t) = \mathfrak{C}_\eta$ из множества сред $\{\mathfrak{C}_\alpha, \mathfrak{C}_\beta, \ldots, \mathfrak{C}_\omega\}$. Реализация среды $\mathfrak{C}_\eta$ определяет вектор $P_\eta = (p_{1/\eta}, \ldots, p_{m/\eta})$, где $p_{i/\eta}$ — вероятность появления символа a_i в случае реализации среды $\mathfrak{C}_\eta$; $\sum_{i=1}^{m} p_{i/\eta} = 1$. Векторы P_η предполагаются неизвестными системе связи.

В каждый момент времени реализуется только одна из сред. Какая именно — ни источнику, ни адресату неизвестно. Вероятность реализации среды $\mathfrak{C}_\eta$ в следующий момент времени задается случайным процессом: в частности, процесс может быть марковским.

Блок-статистик подсчитывает частоты $\rho_1(t), \ldots, \rho_m(t)$ появления символов в переданных сообщениях $x_N(t)$. Поскольку частота $\rho_i(t)$ относится к фиксированному моменту времени и, вообще говоря, изменяется во времени, мы будем ее называть *локальной частотой* символа a_i в момент времени t.

Блок выработки кодов использует найденные частоты для построения кодовых отображений.

Для облегчения оценки результатов мы примем, что коды строятся по алгоритму Шеннона [252, с. 271], который вкратце состоит в следующем:

а) значения $\rho_i(t)$ располагаются в порядке убывания;

б) записываются в n-ичном исчислении мантиссы дробей $\rho_i(t)$, у которых отбрасываются все младшие разряды

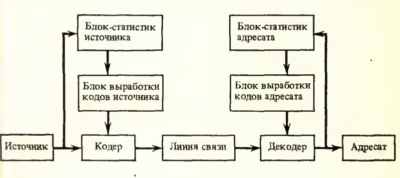


Рис. 7. Блок-схема модели адаптивной системы связи

после первых ненулевых (n — длина алфавита состояний канала связи);

в) образуются суммы (в n-ичном исчислении):

$$k_i(t+1) = \sum_{\rho_i < \rho_j} \rho_j(t),$$

которые принимаются за кодовое отображение.

Отсюда, в частности, следует, что длина l_i кодовых слов k_i удовлетворяет известному соотношению:

$$l_i =]-\log \rho_i[, \tag{1.1}$$

где $]\cdot[$ — означает взятие ближайшего большего целого числа.

В отличие от традиционной модели Шеннона в модели адаптивной системы связи мы имеем дело с проблемой

синхронизации работы кодера и декодера, поскольку ансамбли используемых ими кодов, вообще говоря, меняются со временем.

Введем некоторые дополнительные условия построения кодов:

а) индексация букв алфавита A у источника и адресата установлена одинаковой;

б) если два символа a_i и a_j имеют равные значения локальных частот с точностью до первого не нулевого знака в n-ичной записи, то в процедуре упорядочения а) по алгоритму Шеннона ρ_i ставится раньше ρ_j, если $i < j$;

в) в некоторый момент времени локальные частоты, вычисленные блоками статистиками на сторонах источника и адресата, попарно равны;

г) методы вычисления локальных частот в каждом из блоков статистиков одинаковы;

д) методы построения кодовых отображений тождественны.

Легко доказать по индукции, что выполнение этих условий наряду с использованием префиксных декодируемых кодов обеспечивает тождественность кодовых отображений на сторонах источника и адресата и верность передачи сообщения (при отсутствии помех в линии связи).

Характерно, что наличие ошибок в вычислении локальных частот равносильно наличию помех в канале и вызывает необходимость периодической корректировки кодовых отображений, что, естественно, снижает пропускную способность системы.

Вычисление локальных частот с помощью забывающих автоматов. Отсутствие стационарности вынуждает нас обратиться к использованию относительно кратковременных статистических закономерностей, проявляющихся прежде всего в колебаниях частот сообщения. Традиционный метод построения локальных частот, основанный на вычислении отношения числа ожидаемых событий к общему их числу, требует большого объема памяти для хранения переданных сообщений. Мы воспользовались методом построения локальных частот ρ_i (t) с убывающими весами:

$$\rho_i(t) = (1 - \varkappa) \sum_{r=0}^{l} \varkappa^r \xi_i^{(r)}, \tag{1.2}$$

где $\varkappa$ — коэффициент сохранения, $0 \leqslant \varkappa < 1$; $\xi_i^{(r)}$ — слу-

чайная величина, принимающая в момент $t - r$ значение $\xi_i^{(r)} = 1$, если в этот момент передавалось сообщение $x_1(t - r) = a_i$, а в остальных случаях $\xi_i^{(r)} = 0$;

r — длина наблюдаемой последовательности.

Поскольку $\varkappa < 1$, любое воздействие $\xi_i^{(r)}$, имевшее место в момент времени $t - r$, постепенно *забывается*, уменьшая свой вклад в значение частоты $\rho_i(t)$.

Легко убедиться, что локальная частота $\rho_i(t)$ в точности соответствует состоянию автомата, названному нами забывающим [76], на вход которого подается величина ξ_i, а изменение состояний осуществляется согласно рекуррентному соотношению:

$$\rho_i(t+1) = \varkappa\rho_i(t) + (1 - \varkappa)\,\xi_i^{(0)}. \tag{1.3}$$

Забывающий автомат представляет собой один из простейших типов сглаживающего фильтра. Некоторые специфические свойства забывающего автомата исследованы в работах [76; 93]. Здесь отметим, что в стационарной случайной среде среднее значение состояний автомата равно:

$$M\rho_i(t) = (1 - \varkappa)\sum_{r=0}^{\infty} \varkappa^r M\xi_i^{(r)} = p_i. \tag{1.4}$$

При независимом предъявлении символов дисперсия состояний равна:

$$D\rho_i = \frac{(1-\varkappa)^2}{1-\varkappa^2}\, p_i(1 - p_i). \tag{1.5}$$

Чтобы выяснить степень соответствия оценки ρ_i стохастическим свойствам знаков, на основе (1.3) и (1.4) выпишем центральные моменты случайной величины ρ_i:

$$\mu_1 = 0; \quad \mu_2 = D\rho_i; \tag{1.6}$$

$$\mu_3 = \frac{(1-\varkappa)^3}{1-\varkappa^3}\, p_i(1 - p_i)(1 - 2p_i).$$

Эти формулы показывают, что распределение состояний существенно зависит от размеров коэффициента сохранения $\varkappa$. При значениях $\varkappa$, близких к единице, рассеяние ρ_i около среднего значения p_i будет небольшим, тогда как при $\varkappa = 0$ рассеяние достигает наибольших значений.

О нормированности значений локальных частот. Исследуем возможности кодирования на основе значений

$\{\rho_i(t)\}$, вырабатываемых забывающими автоматами. Для построения полного префиксного кода необходимо условие [228]:

$$\sum_{i=1}^{m} \rho_i(t) = 1. \qquad (1.7)$$

В связи с этим представляет большой интерес то обстоятельство, что значения $\{\rho_i(t)\}$ обладают свойством автонормированности. Пусть в некоторый момент времени выполняется условие (1.7). На основании рекуррентных соотношений (1.3) для следующего момента получим (если $x_1(t) = a_j$ и $\xi_j = 1$):

$$\sum_{i=1}^{m} \rho_i(t+1) = \varkappa \sum_{i=1}^{m} \rho_i(t) + (1-\varkappa)\,\xi_j = 1.$$

Следовательно, значения $\{\rho_i(t)\}$, будучи однажды пронормированы, в дальнейшем сохраняют нормировку.

Покажем теперь, что неизменный рекуррентный процесс постепенно приводит к норме ансамбль $\{\rho_i(t)\}$. Пусть в момент t. $\sum_{i=1}^{m} \rho_i(t) = 1 + \Delta$.

По истечении r интервалов времени сумма значений частот будет равна:

$$\sum_{i=1}^{m} \rho_i(t+r) = 1 + \varkappa^r \Delta.$$

Поскольку коэффициент $\varkappa < 1$, то по прошествии достаточного времени отклонение от нормы может быть сделано как угодно малым:

$$\lim_{r\to\infty} \varkappa^r \Delta = 0.$$

Оценки стоимости кодирования стационарных сообщений. Наличие блоков-статистиков позволяет системе связи перестраивать структуру кодовых отображений в соответствии с изменяющимися стохастическими свойствами знаков.

Для получения числовых оценок средних длительностей кодов рассмотрим работу системы в стационарных условиях и покажем, что при любых значениях вероятностей появления сообщений средняя длина кодов достаточно близка к оптимальной.

Длина кода, передаваемого в каждый момент по системе связи, является случайной величиной. Поскольку вероятность появления сообщения в момент $t+1$ и значение оценки $\rho_i\ (t)$ на предыдущем шаге являются независимыми случайными величинами, можно написать:

$$Ml_t = \Sigma M\xi_i^{(0)} \cdot Ml_{it} = \Sigma p_{i,\,t} Ml_i. \qquad (1.8)$$

Воспользуемся соотношением (1.1), записав его в виде неравенства:

$$-\log \rho_i \leqslant l_i < -\log \rho_i + 1. \qquad (1.9)$$

На основании (1.8) и (1.9) получаем:

$$-\sum_{i=1}^{m} p_i M \log \rho_i \leqslant Ml < -\sum_{i=1}^{m} p_i M \log \rho_i + 1. \qquad (1.10)$$

Найдем нижнюю оценку средней длительности кодирования, сделав небольшие преобразования:

$$-\Sigma p_i M \log \rho_i = -\Sigma p_i \log p_i - \Sigma p_i M \log \frac{\rho_i}{p_i}. \qquad (1.11)$$

Первая сумма в последнем равенстве представляет собой энтропию H.

Таким образом, мы видим, что нижняя оценка длительности кодирования в адаптивной системе связи отличается от оценки оптимального кодирования только на неотрицательную величину:

$$-\Sigma p_i M \log \frac{\rho_i}{p_i}.$$

Найдем ее приближенное значение, используя следующее равенство:

$$-\Sigma p_i M \log \frac{\rho_i}{p_i} = -\ln n \Sigma p_i M \ln\left(1 + \frac{\rho_i - p_i}{p_i}\right). \qquad (1.12)$$

Разложим логарифмическую функцию в ряд:

$$-\ln\left(1 + \frac{\rho_i - p_i}{p_i}\right) = -\frac{\rho_i - p_i}{p_i} + \frac{(\rho_i - p_i)^2}{2p_i^2} - \frac{(\rho_i - p_i)^3}{3p_i^3} \ldots$$

Усредняя члены этого ряда по всем возможным значениям, получаем, что

$$-M\ln\left(1 + \frac{\rho_i - p_i}{p_i}\right) = -\frac{\mu_1}{p_i} + \frac{\mu_2}{2p_i^2} - \frac{\mu_3}{3p_i^3} + \ldots, \qquad (1.13)$$

где μ_i — центральный момент i-го порядка случайной величины ρ_i. Воспользовавшись результатами (1.6), получим:

$$-M\ln\left(1+\frac{\rho_i-p_i}{p_i}\right)=\frac{1-\varkappa}{1+\varkappa}\cdot\frac{1-p_i}{2p_i}-$$
$$-\frac{(1-\varkappa)^2}{1+\varkappa+\varkappa^2}\cdot\frac{(1-p_i)(1-2p_i)}{3p_i^2}+\ldots \qquad (1.14)$$

Подставляя полученное значение в (1.12) и суммируя, находим:

$$-\frac{1}{\ln n}\sum p_i M\log\frac{\rho_i}{p_i}=\frac{1-\varkappa}{1+\varkappa}\cdot\frac{m-1}{2}-$$
$$-\frac{(1-\varkappa)^3}{1-\varkappa^3}\left(\frac{2}{3}-m+\frac{1}{3}\sum\frac{1}{p_i}\right)+o[(1-\varkappa)^2]. \quad (1.15)$$

Можно показать, что ряд (1.15) сходится по крайней мере при $p_i > 1-\varkappa$. Отбрасывая члены второго порядка малости, находим:

$$-\Sigma p_i M\log\frac{\rho_i}{p_i}\approx\frac{1-\varkappa}{1+\varkappa}\cdot\frac{m-1}{2}\cdot\ln n. \qquad (1.16)$$

Подставляя этот результат (в 1.11), а затем в (1.10), получаем приближенное неравенство:

$$0\leqslant l_{\text{ср}}-\left(H+\frac{1-\varkappa}{1+\varkappa}\cdot\frac{m-1}{2}\cdot\ln n\right)<1. \qquad (1.17)$$

Этот результат представляет большой интерес в одном отношении. При малых значениях $\varkappa$ изменение кодов воспроизводит локальное изменение стохастических свойств знаков, что приводит к появлению неверных ожиданий, которые могут возникать, например, вследствие кратковременного предъявления какого-либо одного сообщения, что вызывает значительное превышение средней длительности кодов над оптимальной.

2. Кодирование нестационарных сообщений

Передача сообщений с изменяющимися стохастическими свойствами возможна по стационарной системе связи. Адаптация к смене условий целесообразна только в том случае, если благодаря ей достигается желательное изменение критерия качества функционирования. Поэтому до-

стоинства адаптивной системы могут быть выявлены только в сопоставлении с некоторой оптимальной стационарной системой.

В соответствии с этим требованием первоначально примем, что нестационарные сообщения передаются по стационарной системе связи, где в качестве вероятностей используются значения:

$$p_i = \sum_{\eta=\alpha}^{\omega} s_\eta p_{i/\eta}, \tag{2.1}$$

где s_η — вероятность реализации среды $\mathfrak{C}_\eta$.

На основе значений $\{p_i\}$ может быть осуществлено оптимальное стационарное кодирование с длинами слов $l_i =]-\log_n p_i[$. Стоимость кодирования L определим как среднюю длину кодового слова, которая в этом случае оценивается известным неравенством:

$$H \leqslant L = \sum_{i=1}^{m} p_i l_i < H + 1, \tag{2.2}$$

где $H = -\sum_{i=1}^{m} p_i \log_n p_i$ — квазиэнтропия источника.

Сравним для данной нестационарной среды стоимость L стационарного кодирования и стоимость $L_\varkappa$ адаптивного кодирования на основе забывающих автоматов, которую определим следующим образом. Пусть в момент t предъявлен для передачи символ a_i. К этому моменту построен кодовый ансамбль с длинами слов:

$$l_{j/i}(t) =]-\log_n \rho_{j/i}(t-1)[, \tag{2.3}$$

где $\rho_{j/i}(t-1)$ — условная локальная частота символа a_j, накопленная к моменту $t-1$, если в момент t предъявлен символ a_i.

В силу произвольности выбранного момента t получаем:

$$L_\varkappa = \sum_{i=1}^{m} p_i l_{i/i}. \tag{2.4}$$

Очевидно следующее соотношение, аналогичное (2.2):

$$G_\varkappa \leqslant L_\varkappa < G_\varkappa + 1, \tag{2.5}$$

где $G_\varkappa = -\sum_{i=1}^{m} p_i M \log_n \rho_{i/i}$ — субъективная энтропия,

Для сравнения двух стоимостей L и $L_\varkappa$ используем нижние грани: H и $G_\varkappa$. Согласно данным в (2.2) и (2.5) определениям имеем:

$$H - G_\varkappa = \sum_{i=1}^{m} p_i \log_n \frac{M\rho_{i/i}}{p_i} + \sum_{i=1}^{m} p_i M \log_n \frac{\rho_{i/i}}{M\rho_{i/i}}. \qquad (2.6)$$

Разложим слагаемые второй суммы в ряд:

$$M \ln \frac{\rho_{i/i}}{M\rho_{i/i}} = M \frac{\rho_{i/i} - M\rho_{i/i}}{M\rho_{i/i}} - \frac{1}{2} M \frac{(\rho_{i/i} - M\rho_{i/i})^2}{(M\rho_{i/i})^2} + \ldots \qquad (2.7)$$

Вопрос о сходимости этого ряда требует специального анализа. Пока что примем, что ряд (2.7) сходится абсолютно. Последующее изложение даст тому некоторые косвенные подтверждения.

Ограничиваясь первыми двумя членами разложения, мы можем записать следующие оценки:

$$\sum_{i=1}^{m} p_i \ln \frac{M\rho_{i/i}}{p_i} - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} p_i \frac{M\rho_{i/i}^2 - (M\rho_{i/i})^2}{(M\rho_{i/i})^2} \leqslant$$
$$\leqslant (H - G_\varkappa) \ln n < \sum_{i=1}^{m} p_i \ln \frac{M\rho_{i/i}}{p_i}. \qquad (2.8)$$

Прежде всего найдем $M\rho_{i/i}$.

Введем случайную величину $\xi_{j/i}^{(r)}$, принимающую значения: $\xi_{j/i}^{(r)} = 1$, если в момент $t - r$ предъявлялось сообщение a_j при условии, что в момент t передавалось сообщение a_i, и $\xi_{j/i}^{(r)} = 0$ в остальных случаях. Очевидно, что:

$$M\rho_{i/i} = (1 - \varkappa) \sum_{r=1}^{\infty} \varkappa^{r-1} \cdot M\xi_{i/i}^{(r)}, \qquad (2.9)$$

причем

$$M\xi_{i/i}^{(r)} = p_{i/i}^{(r)}, \quad \text{где} \quad p_{i/i}^{(r)} = P\{x_1(t-r) = a_i \mid x_1(t) = a_i\}.$$

Выше отмечалось, что сообщения при реализации каждой из сред предъявляются независимо, однако отдельные сообщения в последовательности связаны опосредовано через марковскую цепь смены сред. Для большей наглядности последующих результатов ограничимся случаем,

когда матрица переходных вероятностей имеет вид:

$$\mathfrak{S} = \begin{pmatrix} 1-(\omega-1)\delta & \delta & \dots & \delta \\ \delta & 1-(\omega-1)\delta & \dots & \delta \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta & \delta & \dots & 1-(\omega-1)\delta \end{pmatrix}.$$

Для определения вероятности $p_{i/i}^{(r)}$ мы должны знать вероятности $s_{\eta/i}^{(r)}$ реализации сред $\mathfrak{C}_\eta$ в момент t при условии $x_1(t) = a_i$; действительно:

$$p_{i/i}^{(r)} = \sum_{\eta=\alpha}^{\omega} p_{i/\eta} s_{\eta/i}^{(r)}. \tag{2.10}$$

Сообщение $x_1(t) = a_i$ могло, вообще говоря, принадлежать любой из сред. Однако с помощью формулы Байеса можно вывести апостериорные вероятности $c_{\theta/i}$ реализации каждой из сред $\mathfrak{C}_\theta$ в момент t:

$$c_{\theta/i} = \frac{s_\theta p_{i/\theta}}{p_i}. \tag{2.11}$$

Для определения вероятностей $s_{\eta/i}^{(r)}$ по вероятностям $c_{\theta/i}$ необходимо рассмотреть обратную цепь Маркова, которая для данной матрицы $\mathfrak{C}$ совпадает с прямой [186; 232].

Используя это обстоятельство на основе методов, изложенных в [186], найдем переходные вероятности $s_{\theta\eta}^{(r)}$ за r шагов назад:

$$\begin{aligned} s_{\theta\eta}^{(r)} &= \frac{1}{\omega} - \lambda^r \frac{1}{\omega}, \ (\theta \neq \eta); \\ s_{\eta\eta}^{(r)} &= \frac{1}{\omega} + \lambda^r \frac{\omega-1}{\omega}, \end{aligned} \tag{2.12}$$

где λ — корень характеристического определителя $|\lambda E - \mathfrak{C}|$, $\lambda = 1 - \omega\delta$.

На основе значений (2.11) и (2.12) мы можем найти

$$s_{\eta/i}^{(r)} = \sum_{\theta=\alpha}^{\omega} c_{\theta/i} s_{\theta\eta}^{(r)} = \frac{\lambda^r p_{i/\eta}}{\omega p_i} + \frac{1}{\omega}(1-\lambda^r). \tag{2.13}$$

Воспользуемся полученными значениями для вычисления (2.10):

$$p_{i/i}^{(r)} = p_i(1 + \lambda^r \mu_{2i}), \tag{2.14}$$

где $\mu_{2i} = \dfrac{\frac{1}{\omega}\sum\limits_{\eta=\alpha}^{\omega} p_{i/\eta}^2 - p_i^2}{p_i^2}$ — относительный центральный момент второго порядка распределения вероятностей $p_{i/\eta}$ появления сообщений по средам. Легко убедиться, что

$$0 \leqslant \mu_{2i} \leqslant \omega - 1.$$

Нижняя граница соответствует случаю, когда сообщение с равной вероятностью появляется во всех средах. Верхняя граница достигается тогда, когда сообщение появляется только при реализации какой-либо одной «собственной» среды $\mathfrak{C}_\gamma$.

Подставляя (2.14) в (2.9) и суммируя по r, получим:

$$M\rho_{i/i} = p_i\left(1 + \lambda\mu_{2i}\frac{1-\varkappa}{1-\varkappa\lambda}\right). \tag{2.15}$$

Эта формула позволяет провести небольшое исследование.

Прежде всего отметим, что для значений $\lambda < 1$ и при коэффициенте сохранения $\varkappa \to 1$, что равносильно увеличению длины наблюдаемой последовательности, имеем:

$$\lim_{\varkappa\to 1} M\rho_{i/i} = p_i,$$

т. е. локальная частота уже не отражает местных особенностей последовательности сообщений.

При частой смене сред локальные частоты также не отражают специфических особенностей появления сообщений в средах:

$$\lim_{\lambda\to 0} M\rho_{i/i} = p_i.$$

С другой стороны, при фиксированном $\varkappa$ и $\lambda \to 1$ получаем:

$$\lim_{\lambda\to 1} M\rho_{i/i} = p_i(1 + \mu_{2i}),$$

т. е. среднее значение $M\rho_{i/i}$ локальной частоты выше средней вероятности p_i появления символа и приближается к максимальным значениям.

В частности, при $\mu_{2i} = \omega - 1$:

$$\lim_{\lambda\to 1} M\rho_{i/i} = \omega p_i,$$

что равно вероятности $p_{i/\gamma}$ появления сообщения a_i в «собственной» среде $\mathfrak{C}_\gamma$.

Используя полученное значение $M\rho_{i/i}$ (2.15) для окончательного вычисления верхней оценки разности квазиэнтропии H стационарного кодирования и субъективной энтропии $G_\varkappa$, найдем:

$$(H - G_\varkappa) \ln n \leqslant \sum_{i=1}^{m} p_i \ln \left(1 + \lambda \mu_{2i} \frac{1-\varkappa}{1-\varkappa\lambda}\right). \qquad (2.16)$$

Поскольку среды различны, то хотя бы одно из $\mu_{2i} > 0$; следовательно, правая часть неравенства положительна при $0 < \lambda < 1$, $0 < \varkappa < 1$.

Перейдем к определению нижней оценки (2.8) разности $H - G_\varkappa$, которая отличается от верхней на средневзвешенную сумму дисперсий $D\rho_{i/i}$ случайной величины $\rho_{i/i}$. Поскольку $\rho_{i/i}$ представляет собой сумму (2.9), ее дисперсия равна:

$$D\rho_{i/i} = (1-\varkappa)^2 \sum_{r=1}^{\infty} \varkappa^{2r-2} D\xi_{i/i}^{(r)} + 2(1-\varkappa)^2 \sum_{\substack{r=1 \\ v>r}}^{\infty} \varkappa^{r+v-2} \times$$

$$\times \operatorname{cov}(\xi_{i/i}^{(r)}, \xi_{i/i}^{(v)}), \qquad (2.17)$$

где $\operatorname{cov}(\xi_{i/i}^{(r)}, \xi_{i/i}^{(v)}) = M\xi_{i/i}^{(r)}\xi_{i/i}^{(v)} - M\xi_{i/i}^{(r)} \cdot M\xi_{i/i}^{(v)}$ — ковариация случайных величин $\xi_{i/i}^{(r)}$ и $\xi_{i/i}^{(v)}$.

Очевидно, что:

$$D\xi_{i/i}^{(r)} = p_{i/i}^{(r)} - (p_{i/i}^{(r)})^2 = p_i(1-p_i) +$$

$$+ \lambda^r \mu_{2i}(p_i - 2p_i) - p_i^2 \lambda^{2r} \mu_{2i}. \qquad (2.18)$$

Произведение $\xi_{i/i}^{(r)}\xi_{i/i}^{(v)}$ не равно нулю только тогда, когда одновременно выполняются равенства: $\xi_{i/i}^{(r)} = 1$ & $\xi_{i/i}^{(v)} = 1$.

Следовательно:

$$M(\xi_{i/i}^{(r)}\xi_{i/i}^{(v)}) = p_{i/i}^{(r)} \cdot p_{i/ii}^{(v/r)}, \ (v > r), \qquad (2.19)$$

где

$$p_{i/ii}^{(v/r)} = P\{x_1(t-v) = a_i \mid x_1(t-r) = a_i \,\&\, x_1(t) = a_i\}.$$

Величину $p_{i/ii}^{(v/r)}$ выразим через вероятности $s_{\varepsilon/ii}^{(v/r)}$ реализации сред $\mathfrak{C}_\varepsilon$ в момент $t - v$, которые теперь будут обу-

словливаться совокупностью двух событий $x_i(t-r) = a_i \& x_i(t) = a_i$:

$$p_{i/ii}^{(v/r)} = \sum_{\varepsilon=\alpha}^{\omega} s_{\varepsilon/ii}^{(v/r)} p_{i/\varepsilon}. \qquad (2.20)$$

Апостериорные, по Байесу, вероятности $c_{\eta/ii}^{(r)}$ реализации сред $\mathfrak{C}_\eta$ в момент $t-r$ равны:

$$c_{\eta/ii}^{(r)} = \frac{s_{\eta/i}^{(r)} \cdot p_{i/\eta}}{p_{i/i}^{(r)}}, \qquad (2.21)$$

где значения $s_{\eta/i}^{(r)}$ определяются формулой (2.13), а значения $p_{i/i}^{(r)}$ — формулой (2.14).

На основании значений $c_{\eta/ii}^{(r)}$ с помощью формул переходных вероятностей (2.12) найдем условные вероятности $s_{\varepsilon/ii}^{(v/r)}$ реализации сред $\mathfrak{C}_\varepsilon$:

$$s_{\varepsilon/ii}^{(v/r)} = \sum_{\eta=\alpha}^{\omega} c_{\eta/ii}^{(r)} s_{\eta\varepsilon}^{(v/r)} = \frac{1}{\omega}(1-\lambda^{v-r}) + c_{\varepsilon/ii}^{(r)} \lambda^{v-r}. \qquad (2.22)$$

Подставим эти значения в (2.20), выражая $c_{\varepsilon/ii}$ согласно (2.21):

$$p_{i/ii}^{(v/r)} = p_i \left[1 - \lambda^{v-r} + \frac{\lambda^{v-r} - \lambda^{v}}{\omega p_i p_{i/i}^{(r)}} \sum_{\varepsilon=\alpha}^{\omega} p_{i/\varepsilon}^2 + \frac{\lambda^r}{p_i} \sum_{\theta=\alpha}^{\omega} p_{i/\theta}^3 \right]. \qquad (2.23)$$

Теперь после небольших преобразований выражение (2.19) записывается в виде:

$$M\xi_{i/i}^{(r)} \xi_{i/i}^{(v)} = p_i^2 [1 + \mu_{2i}(\lambda^r + \lambda^{v-r} - 2\lambda^v) + \mu_{3i}\lambda^v], \qquad (2.24)$$

где $\mu_{3i} = \dfrac{\frac{1}{\omega}\sum\limits_{\theta=\alpha}^{\omega} p_{i/\theta}^3 - p_i^3}{p_i^3}$ — относительный центральный момент третьего порядка распределения вероятностей $p_{i/\theta}$ предъявления сообщений по средам $\mathfrak{C}_\theta$.

Легко убедиться, что

$$0 \leqslant \mu_{3i} \leqslant \omega^2 - 1,$$

причем нижняя граница соответствует случаю, когда сообщение a_i с равной вероятностью появляется во всех

средах ($p_{i/\theta} = p_i$, $\alpha \leqslant \theta \leqslant \omega$), а верхняя граница достигается тогда, когда сообщение имеет «собственную» среду $\mathfrak{C}_\gamma$; $p_{i/\gamma} = \omega p_i$, $p_{i/\theta} = 0$, $\theta \neq \gamma$.

Теперь мы можем вычислить ковариацию:

$$\operatorname{cov}(\xi_{i/i}^{(r)}, \xi_{i/i}^{(v)}) = p_i^2 [\mu_{2i} (\lambda^{v-r} - 3\lambda^v) - \mu_{3i} \lambda^{v+r}]. \quad (2.25)$$

Подставим значения (2.18) и (2.25) в (2.17) и просуммируем:

$$D\rho_{i/i} = p_i (1 - p_i) \frac{1-\varkappa}{1+\varkappa} + p_i \mu_{2i} \frac{\lambda (1-\varkappa)^2}{1-\varkappa^2 \lambda} - 2p_i^2 \mu_{2i} \frac{\lambda (1-\varkappa)^2 (1+2\varkappa\lambda)}{(1-\varkappa^2\lambda)(1-\varkappa\lambda)} + 2p_i^2 \mu_{2i} \frac{\lambda\varkappa (1-\varkappa)}{(1-\varkappa\lambda)(1+\varkappa)} - p_i^2 \mu_{2i}^2 \frac{\lambda^2 (1-\varkappa)^2 (1+\varkappa\lambda)}{(1-\varkappa^2\lambda^2)(1-\varkappa\lambda)} + 2p_i^2 \mu_{3i} \frac{\varkappa\lambda^2 (1-\varkappa)^2}{(1-\varkappa^2\lambda)(1-\varkappa\lambda)}. \quad (2.26)$$

Выражениями (2.15) и (2.26) полностью определена нижняя оценка в (2.8):

$$(H - G_\varkappa) \ln n \geqslant \sum_{i=1}^{m} p_i \ln\left(1 + \mu_{2i}\lambda \frac{1-\varkappa}{1-\varkappa\lambda}\right) + \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \frac{\frac{1-\varkappa}{1+\varkappa} + \mu_{2i} \frac{\lambda(1-\varkappa)^2}{1-\lambda\varkappa^2}}{1 + \mu_{2i}\lambda \frac{1-\varkappa}{1-\lambda\varkappa}} - \sum_{i=1}^{m} p_i \frac{\frac{\varkappa}{1+\varkappa} + \mu_{2i}\varkappa\lambda \frac{1-\varkappa}{1-\lambda\varkappa^2} + \mu_{2i}\lambda\varkappa \frac{1-\varkappa}{(1-\lambda\varkappa)(1+\varkappa)} + \frac{(1-\varkappa)^2}{(1-\lambda\varkappa)(1-\lambda\varkappa^2)} \cdot \varkappa\lambda^2 (\mu_{3i} - 2\mu_{2i})}{\left(1 + \mu_{2i}\lambda \frac{1-\varkappa}{1-\lambda\varkappa}\right)^2}. \quad (2.27)$$

Полученные неравенства (2.16) и (2.27) позволяют нам произвести сравнение двух способов построения кодов: стационарного на основе усредненных вероятностей $\{p_i\}$ и адаптивного на основе локальных частот $\{\rho_i\}$, вычисляемых забывающими автоматами.

Прежде всего мы видим, что при $\lambda = 0 \left(\delta = \frac{1}{\omega}\right)$ никакой учет локальных особенностей (их просто нет) не может снизить стоимость кодирования, что видно из значений оценок:

$$-\frac{(1-\varkappa)(m-1)}{2(1+\varkappa)} \leqslant (H - G_\varkappa) \ln n \leqslant 0. \quad (2{,}28)$$

Далее, при любом фиксированном $0 < \lambda < 1$ увеличение веса прошлых событий, выражающееся в возрастании коэффициента сохранения $\varkappa$, устраняет различие:

$$\lim_{\varkappa \to 1} (H - G_\varkappa) = 0, \tag{2.29}$$

что вполне естественно, поскольку сглаживаются локальные особенности последовательности сообщений.

Теперь рассмотрим, как изменяются локальные частоты при $\varkappa \to 0$. Предположим, что в момент $t - 1$ предъявлено сообщение $x_1(t-1) = a_i$. В этом случае, как видно из выражения (1.2):

$$\lim_{\varkappa \to 0} \rho_i (t-1) = \lim_{\varkappa \to 0} (1 - \varkappa) \sum_{r=1}^{\infty} \varkappa^{r-1} \xi_i^{(r)} = \xi_i^{(1)}.$$

Поскольку $x_1(t-1) = a_i$, то $\xi_i^{(1)} = 1$, тогда как $\xi_j^{(1)} = 0$ для $j \neq i$.

Отсюда ясно, что:

$$\lim_{\varkappa \to 0} G_\varkappa = \infty. \tag{2.30}$$

Предельные соотношения (2.28), (2.29) и (2.30) создают впечатление, что адаптивное кодирование на «забывающих» автоматах не имеет преимуществ по стоимости перед стационарным кодированием. Прежде чем делать окончательные выводы, рассмотрим случай, когда одновременно $\lambda \to 1$ и $\varkappa \to 1$, причем так, что $\frac{d\lambda}{d\varkappa} \to 0$.

Тогда:

$$\lim \frac{1-\varkappa}{1-\varkappa\lambda} = 1; \qquad \lim \frac{1-\varkappa}{1-\varkappa^2\lambda} = \frac{1}{2};$$
$$\lim \frac{(1-\varkappa)^2}{(1-\lambda\varkappa^2)} = 0.$$

Подставляя полученные значения пределов в неравенства (2.16) и (2.27), получим

$$\sum_{i=1}^{m} p_i \ln (1 + \mu_{2i}) - \frac{1}{2} \left[-1 + \sum_{i=1}^{m} p_i \frac{1 + \mu_{3i}}{(1 + \mu_{2i})^2} \right] \leqslant$$
$$\leqslant \lim (H - G_\varkappa) \ln n \leqslant \sum_{i=1}^{m} p_i \ln (1 + \mu_{2i}). \tag{2.31}$$

Когда все сообщения имеют собственные среды, значение нижней границы равно $\log \omega$. Это значение является максимальным, поскольку оно совпадает, в чем легко убедиться, с максимальным значением, достигаемым верхней границей. Следовательно,

$$\max (H - G_{\varkappa}) = \log_n \omega \, (\omega < m). \tag{2.32}$$

Подставив значения μ_{2i} (2.14) и μ_{3i} (2.24), можно убедиться, что левая часть выражения (2.31) симметрична относительно вероятностей $p_{i/\eta}$ появления сообщений a_i в средах $\mathfrak{C}_{\eta}$. В силу этого экстремум значений нижней границы (в данном случае — минимум) достигается при $p_{i/\eta} = \text{Const}$ по всем a_i. Поскольку среды различны, то для исследуемого предельного значения разности стоимостей кодирования можно написать строгое неравенство:

$$\lim_{\substack{\varkappa \to 1 \\ \lambda \to 1 \\ \frac{d\lambda}{d\varkappa} \to 0}} (H - G_{\varkappa}) > 0. \tag{2.33}$$

Этот результат показывает, что при указанном соотношении между λ и $\varkappa$ $\left(\lambda \to 1, \ \varkappa \to 1, \ \frac{d\lambda}{d\varkappa} \to 0\right)$ использование забывающих автоматов в адаптивной системе связи приводит к несомненному снижению стоимости кодирования.

В заключение остановимся на обсуждении общих аспектов принятой модели адаптивной системы связи.

а) В модели Шеннона передатчик и приемник до начала работы наделяются тождественными кодовыми ансамблями, которые сохраняются неизменными в течение всей работы системы. Это обеспечивает тождественность сообщений, посланных источником и полученных адресатом. В рассматриваемой модели общими для обеих сторон являются *только исследовательские процедуры*, которые обусловливают тождественность решений по формированию кодовых отображений.

Отсюда вытекает двойная роль сообщения в адаптивной системе связи: оно не только передает некоторый символ от источника к адресату, но и служит сигналом к направленной перестройке структуры системы связи.

б) Можно представить систему, где статистические исследования проводятся только одной стороной. Для обеспечения согласования кодов принимаемые решения должны передаваться партнеру. Очевидно, что при частых

перестройках кодовых ансамблей линия связи будет загружена вспомогательными корректирующими сообщениями, и такая система в целом окажется неэкономичной.

В более общем случае возникает задача оптимального распределения вычислительных средств на передающей и приемной сторонах. Может оказаться целесообразным, чтобы вычислительно более мощная сторона передавала дополнительные сообщения, на основании которых партнер способен *более просто* проводить необходимые статистические исследования.

в) Далее мы сталкиваемся с проблемой взаимопонимания передатчика и приемника, имеющих существенно различные исследовательские средства, с проблемой, которая просто бессмысленна в рамках модели Шеннона. Здесь по новому предстает роль обратной связи при передаче сообщений. Известно, что в отсутствие помех обратная связь в модели Шеннона не оказывает никакого влияния на передачу в прямом направлении. Роль обратной связи становится не тривиальной только при наличии помех, когда приемнику необходимо согласовывать свое решение относительно искаженного сигнала. Между тем в рассматриваемой модели даже при отсутствии помех наличие обратной связи оказывает существенное влияние на размещение вычислительных ресурсов и эффективность взаимопонимания.

г) Сформулируем задачу об оптимальной длине блоков в блочном кодировании.

Из теории информации известно [228], что стоимость кодирования блоками длины N находится в пределах:

$$H \leqslant L_N < H + \frac{1}{N},$$

где L_N — средняя длина одного сообщения a_i в блочном кодировании.

Отсюда следует, что, чем больше длина блоков, тем ближе стоимость кодирования к нижней границе, что существенно при малых H. Единственным ограничением является объем памяти кодирующего и декодирующего устройств.

В рассматриваемой модели приемник и передатчик перед каждым сообщением прогнозируют стохастические свойства источника. Поскольку источник нестационарен, то прогноз при прочих равных условиях будет тем

точнее, чем короче его срок. В принятой модели величина упреждения минимальна — прогноз осуществляется всего на одно сообщение. При блочном кодировании расшифровывается одновременно весь блок, поэтому необходимо предусматривать изменение стохастических свойств источника в среднем на $N/2$ срабатываний вперед. В пределе при $N \to \infty$ система окажется неспособной учитывать локальные изменения стохастических свойств и использовать их для снижения стоимости кодирования. По-видимому, существует $N_{\text{опт}}$, которое минимизирует совместные потери от нестационарности среды и от несовершенств коротких кодов.

д) Забывающий автомат, вообще говоря, представляет собой сглаживающий фильтр. В сложных условиях изменения вероятностей сообщений может оказаться целесообразным использование фильтров других конструкций. Форма зависимости вероятностей от времени определяет рекуррентное уравнение изменения состояний соответствующего автомата.

Итак, модель адаптивной системы связи по сравнению со стационарной лучше передает приспособительное поведение, т. е. повышает свою психологическую содержательность. Вместе с тем в модели не нашли отражения многие черты психической организации человека (многоуровневость, целостность и др.), поэтому в математической психологии данная и подобные модели не могут претендовать ни на что более, чем на роль своеобразного концептуального аналога процесса передачи информации человеком.

3. Об информирующей и структурирующей функциях знака

В знаке обычно видят его информационное содержание, связь с обозначаемым объектом. При этом упускается из виду влияние знака на субъект. Построенная модель адаптивной системы связи позволяет наметить подходы к описанию в рамках формальной схемы структурирующей, преобразующей функции знака, связанной с его воздействием на субъект. Сопоставление информирующей и структурирующей функций знака возможно с позиций конструктивной интерпретации основных понятий и мер традиционной теории информации.

Целесообразность использования представлений о структурной ценности знака в психологии была показана К. Вельтнером [35] при описании процессов обучения, автором — при интерпретации экспериментов по сенсомоторному реагированию [75; 77] и другими [151].

Введение дополнительной характеристики, отражающей структурные преобразования механизма функционирования, необходимо для любой адаптивной системы. При этом важно найти такой способ количественного определения структурной характеристики, который сохранял бы ее тесную связь с основной.

Техника связи возникла как специфическое средство в предметной деятельности человека. Поэтому и в технике связи, и в слепке с нее — в теории информации, воспроизводилась прежде всего та функция знака, которая связана с объектом деятельности.

В традиционной схеме теории и в различных модифицированных конструкциях основное внимание обращается на соответствие знака и объекта, т. е. на информирующую функцию знака. Используемые в теории обобщенные меры количества информации описывают именно эту функцию знака. Участие знака в деятельности человека не ограничивается установлением соответствия между состояниями объекта и субъекта. В процессе деятельности знак формирует субъекта, как бы создает в нем структуры, адекватные внешнему миру [91].

Отсюда становится очевидной задача построения формальной конструкции, которая позволила бы описать потенциальную, установочную сторону субъекта, процессы изменения структур вследствие поступления знаков и приема информации.

Конструктивная интерпретация количества информации. Для демонстрации различий двух функций знака— информирующей и структурирующей — выявим конструктивный смысл традиционных оценок количества информации.

Напомним, что исходным пунктом исследований Р. Хартли, приведших к построению информационной схемы, стала деятельность телеграфиста, анализируя которую, он пришел к выводу, что как при передаче, так и приеме сообщений оператору приходится делать выбор из ограниченного числа возможных знаков. Отсюда он заключал: «Для того, чтобы мера информации имела практическую, инженерную ценность, она должна быть

такой, чтобы информация была пропорциональна числу выборов» [240].

Этому условию удовлетворял логарифм числа возможных символов. В частности, если в качестве основания логарифма бралось число 2, то мера информации, содержащаяся в одном знаке, равнялась числу двоичных выборов, необходимых для выделения данного знака из всех возможных. В дальнейшем К. Шеннон распространил предложенную Р. Хартли меру на другие ситуации.

Воспользуемся подходом Р. Хартли, который хорошо передает конструктивное содержание информационной меры.

Пусть имеется набор знаков $A = \{a_i\}$, $i = 1, \ldots, m$, которым поставлен в соответствие набор кодов $\mathfrak{K} = \{k_i\}$. В качестве информационной меры каждого знака a_i мы сохраним число l_i двоичных выборов (длину кода), необходимых для однозначной идентификации этого знака, $\mathfrak{L} = \{l_i\}$. Последнее требование, требование декодируемости, осуществимо, если выполняется неравенство: $\sum\limits_{i=1}^{m} 2^{-l_i} \leqslant 1$.

При данном выше определении средняя мера L_T-информации, полученной с последовательностью из T знаков, будет равна:

$$L_T = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T} l_t, \tag{3.1}$$

где l_t — длина кода знака x_t на t-ом месте последовательности: $X = \{x_t\}$; если $x_t = a_i$, то $l_t = l_i$.

Начиная с этого момента, в теории информации делаются допущения, которые обычно ускользают от внимания методологов.

Во-первых, предполагается неизменность системы двоичных выборов, идентифицирующих знак. Во-вторых, система выборов делается оптимальной в смысле сокращения числа выборов. Наконец, последовательность знаков принимается случайной, т. е. задается вектор вероятностей $p = (p_1, \ldots, p_m)$. После указанных допущений получают следующие упрощения. Поскольку длина кода всех знаков системы не меняется и заданы вероятности p_i появления знаков в последовательности,

то вместо (3.1) определяется

$$L_{\text{ср}} = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T} l_t = \sum_{i=1}^{m} p_i l_i. \tag{3.2}$$

Далее доказывается, что для кодов, минимизирующих $L_{\text{ср}}$, имеет место условие:

$$-\log_n p_i \leqslant l_i < -\log p_i + 1. \tag{3.3}$$

Отсюда получаем, что

$$H \leqslant L_{\text{ср}} < H + 1, \tag{3.4}$$

где

$$H = -\sum_{i=1}^{m} p_i \log p_i \tag{3.5}$$

и называется энтропией ансамбля знаков (под ансамблем понимается совокупность алфавита A и соответствующего вектора вероятностей P).

Итак, величина энтропии H (3.5) есть нижняя оценка среднего числа выборов, позволяющих выделять знак из алфавита. В рамках конструктивного подхода мы получим традиционную меру среднего количества информации ансамбля знаков, по поводу которой считаем необходимым отметить следующее. Во-первых, значения (в данном случае — вероятности), стоящие под знаком логарифма в выражениях (3.3) и (3.5), суть результаты построения оптимального декодируемого набора кодов. Во-вторых, значения вероятностей перед знаком логарифма в выражениях (3.2) и (3.5) служат для усреднения информационных мер отдельных знаков в последовательности.

Отсюда следует, что теория информации не является в своей основе стохастической, как иногда ошибочно полагают, но использование вероятностей позволяет упростить количественные оценки.

Для целей настоящей работы главный методологический вывод состоит в том, что основные понятия теории информации могут использоваться при невыполнении требования эргодичности процессов в системе, т. е. при переменных кодовых наборах и при отсутствии фиксированных вероятностей появления знаков.

К оценке структурирующей функции знака. На основе полученных выводов мы можем принять, что существует такая система связи, где в каждый момент времени t задан набор декодируемых кодов $\{k_{ti}\}$; причем не все k_{ti} эквивалентны.

Для расчета средней длины кодов L_T можно использовать выражение (3.1), где значения l_t будут характеризовать реализованное системой число выборов, позволивших идентифицировать каждый из полученных знаков $x_t = a_i$, так что величина L_T будет относиться к информирующей функции знаков.

Вместе с тем можно построить другую оценку, характеризующую одномоментное состояние системы по *ожидаемым* знакам:

$$L_t = \sum \rho_{ti} l_{ti}, \tag{3.6}$$

где ρ_{ti} — некоторые нормированные оценки ожидания поступления знаков, $\sum_{i=1}^{m} \rho_{ti} = 1$; в частности, это могут быть вероятности появления знаков в данный момент t.

На различении актуальной оценки L_T и потенциальной L_t строится различение информирующей и структурирующей функций знака [91].

В качестве меры структурирующей функции сообщения примем величину

$$S_t = \sum p_{ti} l_{t-1i} - \sum p_{ti} l_{ti}, \tag{3.7}$$

которая характеризует степень улучшения кодирования к моменту t после перестройки системы связи вследствие получения сообщения x_{t-1} по сравнению с предполагаемой ситуацией, когда перестройки не было и в момент t используются коды $\mathfrak{K}_{t-1}$, применявшиеся в момент $t - 1$.

Для упрощения дальнейшего изложения воспользуемся вместо L_t нижней оценкой $\overline{H}_t$ средней длины кодов ансамбля знаков в момент t. Примем, что в каждый момент времени t заданы вероятности появления знаков $p_t = (p_{t1}, \ldots, p_{tm})$.

Тогда под нижней оценкой данного ансамбля мы будем понимать нижнюю оценку средней длины кодирования такого *стационарного* ансамбля знаков, который при заданных вероятностях p_t и фиксированных длинах кодов имел бы нижнюю оценку, аналогичную (3.5)

Пусть $\rho_t = (\rho_{t1}, \ldots, \rho_{tm})$ — некоторый вектор зна-

чений, используемых для построения оптимального кода в соответствии с правилом (3.3).

Нижней оценкой назовем величину

$$\overline{H}_t(p_t, \rho_t) = \min_{r \in R_t}\left(-\sum_{i=1}^{n} p_{ti} \log \rho_{ti}\right). \tag{3.8}$$

Если набор $p_t = \rho_t$, то минимум будет совпадать с энтропией:

$$\overline{H}(p_t, \rho_t) = H(p_t) = -\sum_{i=1}^{m} p_{ti} \log p_{ti}. \tag{3.9}$$

Однако используемая система идентификации знака набором кодов не всегда соответствует заданным вероятностям.

Итак, в каждый момент времени t очередной знак $x_t = a_i$ последовательности X «передает» информацию о своем поступлении серией выборов (кодом) длиной $l_t = l_{ti}$; $l_{ti} \in \mathfrak{L}_t$; $k_{ti} \in \mathfrak{K}_t$, после чего система связи будет ожидать передачи следующего знака набором кодов $\mathfrak{K}_{t+1}$ с длинами $\mathfrak{L}_{t+1}$. Вот это изменение кодовых наборов есть проявление структурирующей функции знака для данной формальной схемы. Естественно в качестве оценки структурирующей функции знака принять величину

$$\overline{S}_t = \overline{H}(p_{t+1}, \rho_t) - \overline{H}(p_{t+1}, \rho_{t+1}). \tag{3.10}$$

Величину S_t назовем структурной ценностью знака.

Очевидно, что в стационарной системе связи $S_t \equiv 0$. Легко показать, что в случае использования в каждый момент времени кода $\mathfrak{K}_{t\,\text{опт}}$, оптимального для данного набора вероятностей p_t, будет выполняться (3.9) и всегда $S_t \geqslant 0$, что вполне соответствует нашим интуитивным представлениям.

Если набор ρ_t, используемый при построении экстремальной оценки (3.8), не совпадает с p_t, то значение структурной ценности знака S_t может быть как положительным, так и отрицательным; последний случай соответствует понятию дезинформации.

Введем субъективную оценку длины кодирования

$$\overline{H}_c = -\sum_{i=1}^{m} \rho_{it} \log \rho_{it}. \tag{3.11}$$

Весьма примечателен тот факт, что с позиций субъективных оценок длины кодирования любое изменение структуры кода не имеет отрицательной структурной ценности. Доказательство мы опускаем, оно тривиально, требуется только аккуратное введение значения субъективной структурной ценности S_c знаков:

$$\bar{S}_{ct} = -\sum \rho_{ti} \log \rho_{t-1i} - \bar{H}_{ct}. \tag{3.12}$$

Информационные оценки знака имеют чрезвычайно важное достоинство: аддитивность. Действительно, количество информации в последовательности знаков при определенных условиях равняется сумме информационных оценок.

Предполагается вполне обоснованное требование, чтобы одномоментные структурные изменения, постепенно накапливаясь, стремились в сумме к некоторому пределу. В этом требовании неявно предполагается наличие стационарности внешних условий передачи знаков, т. е. вероятностей p.

Легко показать, что если существует система связи такая, что $\lim\limits_{t\to\infty} \bar{H}_t = H$, то:

$$\Delta\bar{S} = \lim_{T\to\infty} \sum_{t=1}^{T} \bar{S}_t = \bar{H}_1 - H. \tag{3.13}$$

Выше было показано, что при любом исходном векторе вероятностей p использование адаптивной системы связи обеспечивает кодирование, достаточно близкое к оптимальному. Наиболее полно качество функционирования адаптивной системы связи может быть построено в изменяющихся условиях. Выполненный нами анализ средней длины кодов, передаваемых системой в этих условиях, показал, что при любом достаточно медленном изменении вектора вероятностей p может быть найден параметр перестройки кодовых наборов (в данном случае — коэффициент забывания $\varkappa$), обеспечивающий лучшие характеристики адаптивной системы связи по сравнению с любой стационарной системой. Средняя оценка структурной информации приближенно определяется выражением (3.10), которое при указанных условиях будет положительной величиной, т. е. функционирование адаптивной системы связи позволяет использовать структурную ценность сообщений для улучшения ее характеристик.

Заключение

*

Системное исследование проблем развития математической психологии представляет собой исключительно сложную задачу. Большинство разделов математики: топология, анализ, теория вероятностей и другие — вошли в арсенал научной психологии. Многие формальные теоретические конструкции: теория информации, теория игр, автоматического регулирования, составляющие ядро кибернетики, стали основой языка современного психологического описания. Более того, целый ряд научно-технических направлений, таких, как распознавание образов, эвристическое программирование, искусственный интеллект, имея своим исходным пунктом собственно психологические проблемы, впоследствии обратились к решению конкретных практических задач.

Интересные математические методы пришли в психологию через психофизику (здесь особенно следует отметить теорию психологических измерений) и психофизиологию, которая принесла концептуальный и математический аппарат теории функциональных систем.

В силу указанных обстоятельств обсуждение системных проблем развития математической психологии осуществлено нами на самых различных уровнях общности. Дан краткий науковедческий очерк отношений психологии и математики, который позволил выделить основные пути проникновения математики в психологию. При этом наиболее существенный результат состоял в обсуждении того факта, что математические теории кибернетики передают некоторые существенные моменты психологического описания, хотя и в свернутой форме. Специфика функции психической регуляции была прослежена в активном отношении человека к внешнему миру и социальной среде. В основу исследования положены системные принципы, благодаря которым удалось более последовательно и глубоко провести функциональный подход к анализу психических процессов и к установлению их места в целостной системе психической регуляции.

Более детально изучены отношения теории информации и психологии. На конкретном научно-историческом материале показано, что своим возникновением теория

информации обязана не только технике связи, но и психологии.

На уровне конкретного экспериментально-психологического исследования показана неполнота формальной схемы теории информации. В частности, в математической конструкции необходимо отразить способности человека к приспособлению, к адаптации в ответ на изменяющуюся структуру внешних условий.

В ходе методологического анализа математической психологии здесь не ставилось целью дать окончательное решение проблем. Это задача будущего.

В целом можно отметить четыре группы проблем ближайшего развития математической психологии.

К первой группе относятся общественные проблемы развития математической психологии.

1. Необходимо конкретизировать системные принципы исследования математической психологии.

2. Следует более точно очертить место математической психологии как синтетической дисциплины в системе наук.

3. Необходимо увязать используемые математические теории и схемы с системой психологического знания. В частности, принцип системности должен стать ведущим при математическом моделировании психических процессов.

Вторую группу составляют проблемы, относящиеся к самому процессу математического моделирования.

1. Проблема содержательности математической конструкции, которая существует постоянно и выражается в необходимости соотнесения математической и психологической теорий не только между собой, но и в более широких системах, к которым они принадлежат.

2. Задача построения математической структуры человеческой активности, что является одной из первоочередных проблем, решение которой позволит приступить к планомерному созданию математической психологии.

3. Проблема отношений статичного и процессуального в психике, для решения которой, возможно, потребуется разработать новый математический аппарат.

Третья группа проблем связана с диалектикой индивидуального и социального в психике человека.

1. Сюда относится прежде всего проблема сознания. Здесь нужно подчеркнуть, что для психологии важна не феноменология сознания, а его конструирующая, активная функция в деятельности и общении человека.

2. Проблема отношения формальной схемы и системы

психических процессов, реализующих первую. Особое значение она приобретает в исследовании мышления, где смешение логического и психологического наблюдается особенно часто. Математическим психологам предстоит найти адекватные методы описания таким формам мышления, как интуиция, образное мышление и системное мышление.

3. Проблема взаимовлияния модели и объекта моделирования, реализующегося через сознательную активность человека как субъекта моделирования.

Наконец, четвертую группу составляют проблемы описания механизмов и процессов адаптации. Разнообразие возникающих здесь задач чрезвычайно велико. Мы ограничимся двумя: 1. Проблемой процессов и механизмов психофизиологической адаптации и 2. Проблемой социальной адаптации.

Автор надеется, что настоящая работа поможет решению указанных и формулировке новых проблем математической психологии.

Литература

*

1. *Маркс К., Энгельс Ф.* Сочинения. 2-е изд.
2. *Ленин В. И.* Полное собрание сочинений.
3. *Абульханов Р. Ф.* Об общественной природе деятельности потребления.— Вопр. философии, 1968, № 10.
4. *Абульханова К. А.* О субъекте психической деятельности. М.: Наука, 1973. 288 с.
5. *Александров А. Д.* Общий взгляд на математику.— В кн.: Математика, ее содержание, методы и значение. М.: Наука, 1956. Т. 1.
6. *Амирова Т. А., Ольховников Б. А., Рождественский Ю. В.* Очерки по истории лингвистики. М.: Наука, 1975. 559 с.
7. *Ананьев Б. Г.* О социальном факторе в поведении человека.— Вопр. изучения и воспитания личности, 1929, № 5/6.
8. *Ананьев Б. Г.* О некоторых вопросах марксистско-ленинской реконструкции психологии.— Психология, 1931, т. IV, № 3/4.
9. *Ананьев Б. Г.* О проблемах современного человекознания. М.: Наука, 1977. 380 с.
10. *Андреева Г. М.* Методологические проблемы социально-психологического исследования.— Вопр. психологии, 1975, № 2.
11. *Анохин П. К.* Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. 400 с.
12. *Арана Л., Соколов Е. Н.* Стохастическая теория восприятия.— Докл. АПН РСФСР, 1961, № 4—6; 1962, № 1—6.

13. *Аристотель.* Сочинения. М.: Наука, 1977. Т. 1.
14. *Асмолов А. Г.* Деятельность и установка.— Новые исследования в психологии, 1975, № 2.
15. *Аткинсон Р., Бауэр Г., Кротерс Э.* Введение в математическую теорию обучения. М.: Мир, 1969.
16. *Бассин Ф. В.* О развитии взглядов на предмет психологии.— Вопр. психологии, 1971, № 4.
16а. *Бахтин М. М.* Проблемы поэтики Достоевского. М.: Сов. писатель, 1972. 363 с.
17. *Бенвенист Э.* Общая лингвистика. М.: Прогресс, 1974. 446 с.
18. *Бень Я.* О модели естественного языка, основанной на множественных средах.— В кн.: Труды IV Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту. М.: ВИНИТИ, 1975, вып. 6.
19. *Бернштейн Н. А.* Очерки по физиологии движения и физиологии активности. М.: Медицина, 1966. 349 с.
20. *Блауберг И. В., Юдин Э. Г.* Становление и сущность системного подхода. М.: Наука, 1973. 268 с.
21. *Бойко Е. И.* Время реакции человека. М.: Медицина, 1964. 440 с.
22. *Больцман Л.* Лекции по теории газов. М.: Гостехиздат, 1956. 554 с.
23. *Бонгард М. М.* О понятии «полезная информация».— Пробл. кибернетики, 1963, вып. 9.
24. *Бонгард М. М.* Проблема узнавания. М.: Наука, 1967. 320 с.
25. *Борель Э. Случай.* М., 1922.
26. *Брушлинский А. В.* О мышлении как процессе.— В кн.: Генетические и социальные проблемы интеллектуальной деятельности. Алма-Ата, 1975.
27. *Будилова Е. А.* Философские проблемы в советской психологии. М.: Наука, 1972. 336 с.
28. *Буш Р., Мостеллер Ф.* Стохастические модели обучаемости. М.: Физматгиз, 1962. 483 с.
29. *Бушурова В. Е., Тутушкина М. К.* К вопросу о восприятии и опознании знаковой индикации.— В кн.: Проблемы общей и инженерной психологии. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964.
30. *Варский Б. В., Гузева М. А.* Зависимость пространственных порогов видения от информационного содержания плоской фигуры.— Вопр. психологии, 1962, № 2.
31. *Варшавский В. И.* Коллективное поведение автоматов. М.: Наука, 1973. 407 с.
32. *Веденов А. К.* К вопросу о предмете психологии.— Психология, 1932, № 3.
33. *Вучетич Г. Г., Журавлев Г. Е.* К вопросу о структуре процесса запоминания.— В кн.: Психологические механизмы памяти. Харьков; Изд-во ХГУ, 1970.
34. *Вучетич Г. Г., Журавлев Г. Е., Зинченко В. П.* Дизъюнктивная реакция человека как информационный процесс.— В кн.: Психологические исследования, вып. 2. М.: Изд-во МГУ, 1970.
35. *Вельтнер К.* Информационно-психологический подход в педагогике.— Зарубеж. радиоэлектрон., 1968, № 12.
36. *Венда В. Ф.* Инженерная психология: синтез систем отображения информации. М.: Машиностроение, 1975. 398 с.

37. *Вернадский В. И.* Избранные сочинения. М.: Изд-во АН СССР. 1960. Т. 5. 442 с.
38. *Вернадский В. И.* Размышления натуралиста, кн. 2. Научная мысль как планетное явление. М.: Наука, 1977. 191 с.
39. *Вигнер Е.* Непостижимая эффективность математики в естественных науках.— Успехи физ. наук, 1968, т. 94, вып. 3.
40. *Винер Н.* Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. М.: Сов. радио, 1968. 326 с.
41. *Винер Н.* Кибернетика и общество. М.: Изд-во иностр. лит., 1958. 200 с.
42. *Винер Н.* Я — математик. М.: Наука, 1963. 355 с.
43. *Винер Н.* Творец и робот. М.: Прогресс, 1966. 103 с.
44. *Витгенштейн Л.* Логико-философский трактат. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. 133 с.
45. *Войшвилло Е. К.* Попытка семантической интерпретации статистических понятий информации и энтропии.— В кн.: Кибернетику — на службу коммунизму. М.: Наука, 1966.
46. *Войшвилло Е. К.* Семантическая информация. Понятия экстенсиональной и интенсиональной информации.— В кн.: Кибернетика и современное научное познание. М.: Наука, 1976, с. 165—178.
47. Восприятие: Механизмы и модели. М.: Мир, 1974.
48. *Вундт В.* Проблемы психологии народов. М., 1912.
49. *Выготский Л. С.*, *Лурия А. Р.* Этюды по истории поведения. М.; Л.: Госиздат, 1930. 232 с.
50. *Выготский Л. С.* Избранные психологические исследования. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1956. 519 с.
51. *Выготский Л. С.* Развитие высших психических функций. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1960. 500 с.
52. *Выготский Л. С.* Психология искусства. М.: Искусство, 1965. 379 с.
53. *Гальперин П. Я.* Введение в психологию. М.: Изд-во МГУ, 1976. 149 с.
54. *Гамезо М. В.*, *Ломов Б. В.*, *Рубахин В. Ф.* Психологические аспекты методологии и общей теории знаков и знаковых систем.— В кн.: Психологические проблемы переработки знаковой информации. М.: Наука, 1977, с. 5—48.
55. *Ганзен В. А.* Восприятие целостных объектов. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974. 152 с.
56. *Геллерштейн С. Г.* О психологии труда в работах К. Маркса.— Сов. психотехника, 1933, вып. VI, № 1, с. 1—10.
57. *Генисаретский О. И.* Специфические черты объектов системного исследования.— В кн.: Проблемы исследования систем и структур. М.: ВИНИТИ, 1965, с. 31—35.
58. *Генисаретский О. И.* Методологическая организация системной деятельности.— В кн.: Разработка и внедрение автоматизированных систем в проектировании. М.: Стройиздат, 1975, с. 409—512.
59. *Генкин А. А.*, *Медведев В. И.*, *Шек М. П.* Некоторые принципы построения корректурных таблиц для определения скорости переработки информации.— Вопр. психологии, 1963, № 1.
60. *Гербарт И. Ф.* Психология. СПБ., 1895.
61. *Глезер В. Д.* Механизмы опознания зрительных образов. М.; Л.: Наука, 1966. 204 с.

62. *Глезер В. Д., Цуккерман И. И.* Информация и зрение. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 183 с.
63. *Глушков В. М.* Введение в кибернетику. Киев: Изд-во АН УССР, 1964. 324 с.
64. *Гнеденко Б. В.* Курс теории вероятностей. М.: Наука, 1969. 400 с.
65. *Гнеденко Б. В.* Математика и современное естествознание.— В кн.: Синтез современного научного знания. М.: Наука, 1973, с. 143—158.
66. *Гнеденко Б. В.* О математизации научного знания.— Коммунист, 1975, № 5.
67. *Губинский А. И.* О некоторых проблемах теоретико-информационного подхода в инженерной психологии.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. Л., 1965, вып. 2.
68. *Давыдов В. В.* Виды обобщения в обучении. 4.: Педагогика, 1972. 423 с.
69. *Декарт Р.* Избранные сочинения. М.; Л.: Академия, 1928.
70. *Дильс Г.* Античная техника. М.; Л.: Изд. Гостехтеориздат, 1934. 215 с.
71. Древнеиндийская философия, начальный период. 2-е изд. М.: Наука, 1972.
72. *Ельмслев Л.* Пролегомены к теории языка.— В кн.: Новое в лингвистике. М.: Изд-во иностр. лит., 1960, вып. 1.
73. *Журавлев Г. Е.* Роль памяти и забывания в формировании символов. — В кн.: Доклады XVIII Международного психологического конгресса. Симпоз. 22. М., 1966.
74. *Журавлев Г. Е.* Некоторые трудности применения теории информации в психологии. — В кн.: II симпозиум по проблеме «Человек — машина». М.: Сов. радио, 1966.
75. *Журавлев Г. Е.* Модель работы оператора в режиме дизъюнктивного реагирования.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. М., 1968, вып. III.
76. *Журавлев Г. Е.* Некоторые свойства забывающего автомата.— В кн.: Проблемы математического анализа сложных систем. Воронеж. Изд-во ВГУ, 1968, вып. 3.
77. *Журавлев Г. Е.* Две формы ценности информации.— В кн.: Аннотации докладов на XXV сессии НТОРЭ и С им. А. С. Попова. Секция «Теория информации». М.: Сов. радио, 1969.
78. *Журавлев Г. Е.* «О «гипнотическом» взгляде змей.— Вопр. психологии, 1969, № 5.
79. *Журавлев Г. Е.* Принцип относительности в психологии и понятие памяти.— В кн.: Материалы IV Всесоюз. съезда О-ва психологов. Тбилиси: Мецниереба, 1971.
80. *Журавлев Г. Е.* История автоматных представлений в психологии.— В кн.: XIII Международный конгресс по истории науки. Секция № 10. М., 1971, с. 13—14.
81. *Журавлев Г. Е.* Задачи моделирования дизъюнктивной реакции.— В кн.: Вопросы экспериментального исследования скорости реагирования. Тарту: Изд-во ТГУ, 1971.
82. *Журавлев Г. Е.* Исследование и моделирование энтропийной зависимости времени реакции человека: Автореф. канд. дис. ... психол. наук. М., 1971.
83. *Журавлев Г. Е.* Моделирование как способ накопления информации в психологии.— В кн.: Эргономика и НОТ. Иркутск, 1973.

84. *Журавлев Г. Е.* Предисловие.— В кн.: Зигель А., Вольф. Дж. Модели группового поведения. М.: Мир, 1973, с. 3—10.
85. *Журавлев Г. Е.* Организация коллективного поведения автоматов.— В кн.: Материалы IV Международной конференции по искусственному интеллекту. М., 1975, вып. 12.
86. *Журавлев Г. Е.* К определению математической психологии.— Вопр. психологии, 1976, № 2.
87. *Журавлев Г. Е.* Проблемы применения теории игр в психологии.— В кн.: Психология и математика. М.: Наука, 1976, с. 117—140.
88. *Журавлев Г. Е.* Социально-психологическая структура производственного коллектива.— В кн.: Психология управления. М.: Знание, 1976, вып. 1, с. 26—42.
89. *Журавлев Г. Е.* Структура эксперимента по вероятностному прогнозированию.— В кн.: Вероятностное прогнозирование в деятельности человека. М.: Наука, 1977, с. 22—59.
90. *Журавлев Г. Е.* Принятие решений во враждебной среде.— В кн.: Проблемы принятия решений. М.: Наука, 1977.
91. *Журавлев Г. Е.* Информирующая и структурирующая функции знака.— В кн.: Психологические проблемы переработки знаковой информации. М.: Наука, 1977, с. 102—118.
92. *Журавлев Г. Е., Веселов В. Н.* След памяти: Математическая модель.— В кн.: Проблемы психологии памяти. Харьков: Изд-во ХГУ, 1969.
93. *Журавлев Г. Е., Веселов В. Н.* Исследование забывающего автомата.— Изв. АН СССР. Техн. кибернетика, 1970, № 4.
94. *Журавлев Г. Е., Вучетич Г. Г., Веселов В. И.* Методика и некоторые результаты исследования времени реакции человека с помощью ЭВМ.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. М., 1968.
95. *Журавлев Г. Е., Рубахин В. Ф., Субботин Ю. А.* Имитационное моделирование групповой деятельности операторов.— В кн.: Психология и математика. М.: Наука, 1976, с.263—294.
96. *Журавлев Г. Е., Цискаридзе М. А.* Прогнозирование в «игре с природой» и в конфликте.— В кн.: Вероятностное прогнозирование в деятельности человека. М.: Наука, 1977, с. 134—154.
97. *Забродин Ю. М.* Основания и свойства математических моделей сенсорной чувствительности.— В кн.: Психология и математика. М.: Наука, 1976, с. 190—234.
98. *Забродин Ю. М., Лебедев А. Н.* Психофизика и психофизиология. М.: Наука, 1977, с. 286.
99. *Забродин Ю. М., Ронжин О. В., Рубахин В. Ф.* Некоторые вопросы применения информационных методов в инженерной психологии.— В кн.: Психология и математика. М.: Наука, 1976, с. 86—117.
100. *Завалишина Д. Н., Ломов Б. Ф., Рубахин В. Ф.* О системном строении когнитивных процессов.— В кн.: Психологические проблемы знаков и знаковых систем. М.: Наука, 1977, с. 49—57.
101. *Звегинцев В. А.* История языкознания XIX—XX веков в очерках и извлечениях. М.: Просвещение, 1964. Ч. I. 466 с.
102. *Звегинцев В. А.* История языкознания XIX—XX веков. М.: Просвещение, 1965. Ч. II. 495 с.

103. *Зинченко П. И.* Непроизвольное запоминание. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1961.
104. *Зинченко В. П., Гордон В. М.* Методологические проблемы психологического анализа деятельности.— В кн.: Системные исследования, 1975. М.: Наука, 1976, с. 82—127.
105. *Индлин Ю. А.* Энергетическая статистическая теория в психоакустике.— В кн.: Психология и математика. М.: Наука, 1976, с. 224—253.
106. *Каган М. С.* Человеческая деятельность: (Опыт систем. анализа). М.: Политиздат, 1974. 328 с.
107. *Карно С.* Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу. М., 1923.
108. *Кастлер.* Азбука теории информации.— В кн.: Математические методы в биологии. М.: Мир, 1969.
109. *Кедров Б. М.* Классификация наук. М.; ВПШ и АОН, 1961. Т. 1. 472 с.; М.: Мысль, 1965. Т. 2. 543 с.
110. *Кедров Б. М.* Диалектический путь теоретического синтеза современного естественнонаучного знания.— В кн.: Синтез современного научного знания. М.: Наука, 1973.
111. Коллектив и личность/Под ред. Е. В. Шороховой, К. К. Платонова, О. И. Зотовой, Н. И. Кучевской. М.: Наука, 1975. 263 с.
112. *Кликс Ф.* Проблемы психофизики и восприятие пространства. М.: Прогресс, 1965. 464 с.
113. *Колмогоров А. Н.* Три подхода к определению понятия «количество информации».— Пробл. передачи информ., 1965, т. I, вып. 1.
114. *Колмогоров А. Н.* К логическим основам теории информации и теории вероятностей.— Пробл. передачи информ., 1969, т. V, вып. 3.
115. *Конопкин О. А.* Произвольное регулирование деятельности по приему информации в условиях альтернативного выбора.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. М., 1966, вып. 4.
116. *Корнилов К. Н.* Учение о реакциях человека (реактология). М.; Л., 1927.
117. *Косериу Е.* Синхрония, диахрония и история.— В кн.: Новое в лингвистике. М., 1963, вып. 3.
118. *Кринчик Е. П.* К проблеме переработки информации человеком.— В кн.: Тезисы докладов на II съезде О-ва психологов. М., 1963, вып. 3.
119. *Кринчик Е. П., Киященко Н. К.* К вопросу об оптимальном кодировании сложных сообщений.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. Л., 1965, вып. 2.
120. *Кринчик Е. П., Рысакова С. Л.* Влияние фактора значимости сигнала па процесс переработки информации человеком.— В кн.: Система «человек и автомат». М., 1965.
121. *Кузьмин В. П.* Проблемы системности в теории и методологии К. Маркса. М.: Политиздат, 1974.
122. *Кулль И.* (ред.). Математическая психология. Тарту: Изд-во, ТГУ, 1974. Вып. 1.
123. *Лабов У.* Исследование языка в его социальном контексте.— В кн.: Новое в лингвистике. М.: Мир, 1975, вып. V.
124. *Ламетри Ж. О.* Сочинения. М.: Наука, 1976.
125. *Левада Ю. А.* Некоторые проблемы системного анализа обще-

ства в научном наследии К. Маркса.— Информ. бюл. сов. социол. ассоциации, 1968, № 3, с. 76—84.
126. *Леонтьев А. А.* Проблемы математического моделирования речевой деятельности.— В кн.: Основы теории речевой деятельности. М., 1974.
127. *Леонтьев А. Н.* Развитие памяти. М.; Л., 1931.
128. *Леонтьев А. Н.* Очерк развития психики. М.: Воен. -пед. ин-т Советской Армии, 1947. 120 с.
129. *Леонтьев А. Н.* Проблемы развития психики. 3-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1972. 575 с.
130. *Леонтьев А. Н.* Автоматизация и человек.— В кн.: Психологические исследования М., 1970, вып. 2.
131. *Леонтьев А. Н.* Деятельность. Сознание. Личность. М.: Политиздат, 1975. 304 с.
132. *Леонтьев А. Н.*, *Джафаров Э. Н.* К вопросу о моделировании и математизации в психологии.— Вопр. психологии, 1973, № 4, с. 3—14.
133. *Леонтьев А. Н.*, *Кринчик Е. П.* О применении теории информации в конкретно-психологических исследованиях.— Вопр. психологии, 1961, № 5.
134. *Леонтьев А. Н.*, *Кринчик Е. П.* О некоторых особенностях процесса переработки информации человеком.— Вопр. психологии, 1962, № 6, с. 14—25.
135. *Ликлайдер Дж. К. Р.*, *Миллер Дж. А.* Восприятие речи.— В кн.: Экспериментальная психология. М.: Мир, 1963, ч. II.
136. *Линдсей П.*, *Норман Д.* Переработка информации у человека. (Введение в психологию). М.: Мир, 1974.
137. *Лифшиц В. М.*, *Ломов Б. Ф.* Исследование переходного процесса самообучения человека в стадии свертывания операций.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. Л., 1966, вып. 4.
138. *Ломов Б. Ф.* Человек и техника: (Очерки инженерной психологии). Л.: Изд-во ЛГУ, 1963. 266 с.
139. *Ломов Б. Ф.* О некоторых критериях оценки сигналов, передающих информацию человеку-оператору.— В кн.:Проблемы инженерной психологии. Л., 1965, вып. 2.
140. *Ломов Б. Ф.* К вопросу об оптимальном кодировании информации, передаваемой человеку-оператору в системах управления.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. Л. , 1964.
141. *Ломов Б. Ф.* Общение как проблема общей психологии.— В кн.: Методологические проблемы социальной психологии. М.: Наука, 1975.
142. *Ломов Б. Ф.* Психические процессы и общение В кн.: Методологич. проблемы социальной психологии. М.: Наука, 1975.
143. *Ломов Б. Ф.* О системном подходе в психологии.— Вопр. психологии, 1975, № 2.
144. *Ломов Б. Ф.*, *Николаев В. И.*, *Рубахин В. Ф.* Некоторые вопросы применения математики в психологии.— В кн.: Психология и математика. М., 1976.
145. *Лосев А. Ф.* Проблема символа и реалистическое искусство. М.: Искусство, 1976. 367 с.
146. *Лурия А. Р.* О системе психологии поведения.— Психология, 1928, т. 1, вып. 1.
147. *Лурия А. Р.* Основные проблемы нейролингвистики. М.: Изд-во МГУ, 1975. 253 с.
148. *Лурия А. Р.* Маленькая книжка о большой памяти. М.: Изд-во МГУ, 1969. 85 с.

149. *Лурия А. Р.*— Рец.: К. Р. Мегрелидзе. От животного сознания к человеческому.— Вестн. АН СССР, 1936, № 8/9, с. 55—58.
150. *Льюс Р. Д., Райфа Х.* Игры и решения. М.: Изд-во иностр. лит., 1961, 642.
151. *Майлс У.* Измерение ценности и научной информации.— Зарубеж. радиоэлектрон., 1965, № 1.
152. *Мартине А.* Элементы общей лингвистики.— В кн.: Новое в лингвистике. М.: Изд-во иностр. лит., 1960. Вып. 1.
153. *Мегрелидзе К.* Основные проблемы социологии мышления. 2-е изд. Тбилиси: Мецниереба, 1973. 437 с.
153а. *Меньшов А. И.* Космическая эргономика. Л.: Наука, 1971, 295 с.
154. *Месарович М., Мако Д., Такахара И.* Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973, 344 с.
155. Методологические проблемы взаимосвязи и взаимоотношения наук. Л.: Наука, 1970, 347 с.
156. *Миллер Дж. А.* Речь и язык.— В кн.: Экспериментальная психология. М.: Изд-во иностр. лит., 1963, ч. II.
157. *Миллер Дж. А.* Магическое число семь...— В кн.: Инженерная психология. М.: Мир, 1964.
158. *Моль А.* Теория информации и эстетическое восприятие. М.: Мир, 1966.
159. *Морозов М. Н.* Творческая активность сознания. Киев: Вища шк., 1976. 182 с.
160. *Мостепаненко М. В.* Диалектический материализм и проблема взаимосвязи и взаимодействия наук.— В кн.: Методологические проблемы взаимосвязи и взаимодействия наук. Л.: Наука, 1970.
161. *Нафтульев А. И.* Анализ деятельности оператора в режиме сложения с позиций теории автоматического управления.— В кн.: Методология исследований по инженерной психологии и психологии труда. Л.: Изд-во ЛГУ, 1974.
162. *Налимов В. В.* Вероятностная модель языка. М.: Наука, 1974. 271 с.
163. *Невельский П. Б.* Объем памяти и количество информации.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. Л., 1965, вып. 3.
164. *Нейман Дж. фон, Моргенштерн О.* Теория игр или экономическое поведение . М.: Наука, 1970.
165. *Непомнящая Н. И.* Отношение методов структурного и генетического исследования в психологии.— В кн.: Проблемы исследования систем и структур. М.: ВИНИТИ, 1965.
166. *Николаев В. И.* Информационная теория контроля и управления. Л.: Судостроение, 1973. 288 с.
167. *Николаев В. И., Темнов В. Н.* Об одном методе определения объективной и субъективной ценности информации при управлении.— Автоматика и телемеханика, 1972, № 9.
168. *Нюберг Н. Д.* Вопросы кодировки информации о цвете в сетчатке глаза.— В кн.: Биологические аспекты кибернетики. М., 1962.
169. *Овчинников Н. Ф.* Структура и симметрия.— В кн.: Системные исследования. М.: Наука, 1969.
170. *Ошанин Д. А.* Семантическая и прагматическая функции сигнала.— В кн.: Тезисы докладов на II съезде О-ва психологов. М., 1963, вып. 3.

171. *Павлов И. П.* Полное собрание сочинений. 2-е изд. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. 1. 596 с.
172. *Паск Г.* Значение кибернетики для наук о поведении.—В кн.: Кибернетические проблемы бионики. М.: Мир, 1972, вып. 2.
172а. *Паскаль Б.* Мысли. СПб., 1888.
173. *Петровский А. В.* История советской психологии. М.: Просвещение, 1967. 367 с.
174. *Пиаже Ж.* Психология, междисциплинарные связи и система наук.— В кн.: XVIII Международный психологический конгресс. М., 1968.
175. *Пиаже Ж.* Логика и психология.— В кн.: Избранные психологические труды. М.: Педагогика, 1969.
176. *Платонов К. К.* О системе психологии. М.: Мысль, 1972. 216 с.
177. *Потебня А. А.* Мысль и язык. 3-е изд. Харьков, 1913.
178. *Потебня А. А.* Эстетика и поэтика. М.: Наука, 1976.
179. *Пиотровский Р. Г.* Текст, машина, человек. Л.: Наука, 1975.
180. Проблемы эвристики / Под ред. Д. А. Поспелова, В. Н. Пушкина, В. Н. Садовского. М.: Высш. шк., 1969. 272 с.
181. Психолингвистика за рубежом / Под ред. А. А. Леонтьева и Л. В. Сахарова. М., 1972.
182. *Пушкин В. Н.* Психология и кибернетика. М.: Педагогика, 1971, 231 с.
183. *Рассел Б.* Человеческое познание. М.: Изд-во иностр. лит., 1957. 555 с.
184. *Репкина Г. В.* Исследования оперативной памяти.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. Л., 1965, вып. 3.
185. *Роговин М. С.* Развитие структурно-уровневого подхода в психологии.— В кн.: Системные исследования. М.: Наука, 1974.
186. *Романовский В. И.* Дискретные цепи Маркова. М., Л.: Гостехиздат, 1949. 430 с.
187. *Рубахин В. Ф.* Психологические основы обработки первичной информации. Л.: Наука, 1974. 296 с.
188. *Рубинштейн С. Л.* Основы психологии. М.: Гос. уч.-пед. изд-во, 1935. 496 с.
189. *Рубинштейн С. Л.* Бытие и сознание. М., 1957. 250 с.
190. *Рубинштейн С. Л.* О мышлении и путях его исследования. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 147 с.
191. *Рубинштейн С. Л.* Принципы и пути развития психологии. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 354 с.
192. *Рубинштейн С. Л.* Проблемы общей психологии. М.: Педагогика 1973. 416 с.
193. *Рубинштейн С. Л.* Проблемы психологии в трудах К. Маркса.— В кн.: Проблемы общей психологии. М.: Педагогика, 1973.
194. *Рубинштейн С. Л.* Человек и мир.— В кн.: Проблемы общей психологии. М., 1973.
195. *Садовский В. Н.* Системы и структуры как специфические предметы современного научного знания.— В кн.: Проблемы исследования систем и структур. М.: ВИНИТИ, 1965.
196. *Садовский В. Н.* Основания общей теории систем. М.: Наука, 1974. 276 с.
197. *Сазонов Б. В.* Разработка и внедрение автоматизированных систем в проектировании (Теория и методология). М.: Стройиздат, 1975. 516 с.
198. *Сеченов И. М.* Рефлексы головного мозга.— В кн.: Избранные

философские и психологические произведения. М.: Изд-во АН СССР, 1947.
199. *Слама-Казаку Т.* Методология психолингвистики и некоторые применения.— В кн.: Психолингвистика за рубежом. М., 1972.
200. *Слобин Д., Грин Дж.* Психолингвистика. М.: Мир, 1976.
201. *Смирнов А. А.* Психология ребенка и подростка. 4-е изд. М., 1930.
202. *Смирнов А. А.* Восприятие.— В кн.: Психология. М.: Учпедгиз, 1948.
203. *Соколов Е. Н.* Вероятностная модель восприятия.— Вопр. психологии, 1960, № 2.
204. *Соколов Е. Н.* О моделирующих свойствах нервной системы.— В кн.: Кибернетика. Мышление. Жизнь. М.: Наука, 1964.
205. *Соркин Ф. В.* Электролюминесцентные приборы в системах со знаковой и цветной индикацией.— В кн.: Проблемы инженерной психологии. Л., 1965, вып. 2.
206. *Соссюр Ф. де.* Курс общей лингвистики. М., 1933.
207. *Соссюр Ф. де.* Труды по языкознанию. М.: Прогресс, 1977. 695 с.
208. *Сперлинг Дж.* Информация, получаемая при коротких зрительных предъявлениях.— В кн.: Инженерная психология за рубежом. М., 1967.
209. *Спенсер Г.* Основания психологии. СПб., 1897.
210. *Стивенс С. С.* Математика, измерения и психофизика.— В кн.: Экспериментальная психология. М., 1960, ч. 1.
211. *Стратонович Р. Л.* Теория информации. М.: Сов. радио, 1975. 423 с.
212. *Стратонович Р. Л.* О ценности информации.— Изв. АН СССР. Техн. кибернетика, 1965, № 5.
213. *Таннери П.* Первые шаги древнегреческой науки. СПб., 1902.
214. *Тихомиров О. К.* Распознавание систем сигналов.— Докл. АПН РСФСР, 1962, № 4, 5.
215. *Томашевский Б.* О стихе. Л., 1929.
216. *Тюхтин В. С.* Отражение, системы, кибернетика. М.: Наука, 1972.
217. *Узнадзе Д. Н.* Экспериментальные основы психологии установки. Тбилиси: Изд-во АН ГССР, 1961. 210 с.
218. *Узнадзе Д. Н.* Психологические исследования. М.: Наука, 1966. 451 с.
219. *Умрюхин Е. А.* Основные направления развития зарубежной математической психологии.— В кн.: Психология и математика. М.: Наука, 1976.
220. *Уолтер Г.* Живой мозг. М.: Мир, 1966.
221. *Уорф Б. Л.* Отношение норм поведения и мышления к языку.— В кн.: Новое в лингвистике. М., 1960, вып. 1.
222. *Уорф Л.* Наука и языкознание. М., 1960, вып. 1.
223. *Уотсон Дж. Б.* Психология как наука о поведении. М.; Л., 1926.
224. *Урбах В. Ю.* Биометрические методы. М.: Наука, 1964. 415 с.
225. *Урсул А. Д.* Отражение и информация. М.: Мысль, 1973, 231 с.
226. *Ухтомский А. А.* Письма.— Новый мир, 1973, № 1.
227. *Ушакова Т. Н.* К пониманию «закона Хика».— Вопр. психологии, 1964, № 6.

228. *Фано Р.* Передача информации. Статистическая теория связи. М.: Мир, 1965.
229 *Фаткин Л. В.* Общие понятия теории информации и их применение в психологии и психофизиологии.— В кн.: Инженерная психология. М.: Изд-во МГУ, 1964.
230. *Фейгенберг И. М.* Вероятностное прогнозирование в деятельности мозга.— Вопр. психологии, 1963, № 2.
231. *Фейгенберг И. М., Журавлев Г. В.* (ред.). Вероятностное прогнозирование в деятельности человека. М.: Наука, 1977.
232. *Феллер В.* Введение в теорию вероятностей и ее приложения. М.: Мир, 1967. Т. 1. 498 с.
233. *Фехнер Г. Т.* О формуле измерения ощущений.— В кн.: Проблемы и методы психофизики. М.: Изд-во МГУ, 1974.
234. *Ферстер Г. фон.* О самоорганизующихся системах и их окружении.— В кн.: Самоорганизующиеся системы. М.: Мир, 1964.
235. *Фитингоф Б. М.* Оптимальное кодирование при неизвестной и меняющейся статистике сообщений.— Пробл. передачи информ, 1966, т. II, вып. 2, с. 3—11.
236. *Фридман Л. М.* О некоторых методологических вопросах моделирования и математизации в психологии.— Вопр. психологии, 1974.
237. *Фрумкина Р. М.* Вероятность элементов текста и речевое поведение. М.: Знание, 1971. 167 с.
238. *Фрумкина Р. М., Василевич А. П., Андрукович П. Ф., Германов Б. Н.* Прогноз в речевой деятельности. М.: Наука, 1974. 239 с.
239. *Харкевич А. А.* О ценности информации.— Проблемы кибернетики, 1965, вып. 4.
240. *Хартли Р.* Передача информации.— В кн.: Теория информации и ее приложения. М.: Мир, 1959.
241. *Хачатурьянц Л. С., Гримак Л. П., Хрунов Е. В.* Экспериментальная психофизиология в космических исследованиях. М.: Наука, 1976.
242. *Хомский Н.* Язык и мышление. М.: Изд-во МГУ, 1972. 121 с.
243. *Цетлин М. Л.* Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. М.: Наука, 1969. 316 с.
244. *Цискаридзе М. А.* Зависимость реакции человека на стимул от некоторых вероятностных характеристик ситуации: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1969.
245. *Цискаридзе М. А., Журавлев Г. Е.* Влияние установки на поведение человека в ситуации выбора.— Сообщ. АН ГССР, 1974, т. 76, № 2.
246. *Чейф У. Л.* Значение и структура языка. М.: Прогресс, 1975. 432 с.
247. *Челпанов Г.* Психология или рефлексология. М., 1926.
248. *Челпанов Г.* Социальная психология или «условные рефлексы». М., 1926.
249. *Черныш В. И.* Информационные процессы в обществе. М.: Наука, 1968. 103 с.
250. *Чистович Л. А.* Текущее распознавание речи человеком.— Машинный перевод и прикладная лингвистика, 1961, № 6, 1962, № 7.
251. *Шек М. П.* Потери информации в зрительном анализаторе в зависимости от характера утомления.— Вопр. психологии, 1963, № 1.

252. *Шеннон К.* Работы по теории информации и кибернетике. М. Мир, 1963.
253. *Шерозия А.* Бессознательное. Тбилиси: Мецниереба, 1973. Т. 2. 522 с.
254. *Шехтер М. С.* Психологические проблемы узнавания. М.: Просвещение, 1967. 220 с.
255. *Шибутани Т.* Социальная психология. М.: Прогресс, 1969. 534 с.
256. *Шорохова Е. В.* Социально-психологическое понимание личности.— В кн.: Методологические проблемы социальной психологии. М., 1975.
257. *Шорохова Е. В.* Социальная психология: (Проблемы и задачи).— В кн.: Методологические проблемы социальной психологии. М., 1975.
258. *Шрейдер Ю. А.* О количественных характеристиках семантической информации.— Науч.-техн. информ., 1963, № 10.
259. *Шрейдер Ю. А.* О семантических аспектах теории информации.— В кн.: Информация и кибернетика. М.: Наука, 1967.
260. *Щедровицкий Г. П.* Языковое мышление и его анализ.— Вопр. языкознания, 1957, № 1.
261. *Щедровицкий Г. П.* Проблемы методологии системного исследования. М.: Знание, 1964. 48 с.
262. *Щедровицкий Г. П.* Методологический смысл проблемы лингвистических универсалий.— В кн.: Языковые универсалии и лингвистическая типология. М.: Наука, 1969.
263. *Щедровицкий Г. П.* Проблемы построения системной теории сложного «популятивного» объекта.— В кн.: Системные исследования. М.: Наука, 1976.
264. *Щедровицкий Г. П., Надежина Р. Г.* О двух типах отношений руководства в групповой деятельности детей.— Вопр. психологии, 1973, № 5, с. 76—77.
265. *Эббингхауз Х.* Общая психология. СПб., 1905.
266. *Юдин Э. Г.* Структура и генезис как предметы исследования.— В кн.: Проблемы исследования систем и структур. М., 1965.
266[а]. *Юдин Э. Г.* Деятельность как объяснительный принцип и как предмет научного изучения.— Вопр. философии, 1976, № 5.
267. *Якобсон Р.* Лингвистика и теория связи.— В кн.: Звегинцев В. А. История языкознания XIX—XX вв., ч. II, М.: Просвещение, 1965, с. 435—444.
268. *Ярошевский М. Г.* Психология в XX столетии. М.:Наука, 1971.
269. *Attneave F.* Application of information theory to psychology: a summary of basic concepts, methods and results. N. Y., 1959.
270. *Bar-Hillel Y., Carnap R.* Semantic Information.— Brit. J. Phil. Sci., 1953, vol. IV, N 14.
271. *Belis M., Guiasu S.* A quantitative-qualitative measure of information in cybernetic systems.— IEEE Trans. Inform. Theory, 1968, vol. 14, p. 593—594.
272. *Berger J., Cohen B. P., Snell J. L., Zelditch M. J.* Types of formalisation in small-group research. Boston, 1962.
273. *Bertalanffy L. von.* Von Molekül zum Organismenwelt. Grundfragen der modernen Biologie. Potsdam, 1947.
274. *Bertelson P.* Sequantial redudance and speed in a serial two — choice responding task.— Quart. J. Exp. Psychol., 1961, vol. 12.
275. Contribution to mathematical psychology/ Ed., Frederiksen Norman, Gulliksen Harold. N. Y., 1964.

276. *Conway J. H.* On Numbers and Games. L., 1976.
277. *Coombs C. H., Davis R. M., Tversky A.* Mathematical psychology. An elementary introduction. N. Y.: Prentice-Hall, 1970.
278. *Ebbinghaus H.* Über das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie. Leipzig, 1885.
279. *Davis R., Sutherland N. S., Judd B. R.* Information content in recognition and recall.— J. Exp. Psychol., 1961, N 1.
280. *Frank H.* Kybernetische Grundlage der Padagogik. Baden-Baden, 1962.
281. *Feldkeller R.* Informationsverarbeitung beim Hören.— Elektrotechn. Ztschr. A83, 1969, N 25.
282. *Garner W. R.* Uncertainty and structure as psychological concepts. N. Y., 1962.
283. *Guiasu Silviu.* An informational model for two-person games.— Inform. and Contr., 1970, vol. 16, N 2.
284. *Hick W. E.* On the rait of gain of information.— Quart. J. Exp. Psychol., 1952, vol. 1.
285. *Humboldt W. von.* Werke. Berlin, 1963. Bd. III.
286. *Hyman R.* Stimulus information as a determinant of reaction time.— J. Exp. Psychol., 1953, vol. 45, N 188.
287. *Howard R. A.* Information Value Theory.— IEEE Trans. Syst. Sci. and Cybern., 1966, vol. 2, N 1.
288. Contemporary development in mathematical psychology/Ed. D. H. Krantz, R. D. Luce, R. S. Atkinson, P. Suppes. N. Y., 1974.
289. *Judd B. R., Sutherland N. S.* The information content of nonseguential messages.— Inform. and Contr., 1959, vol. 2, N 4.
290. Problemy psychologii matematycznej/Ed. J. Kozielecky. W-wa, 1971.
291. Bewustsein. Ein Zentralproblem der Wissenschaften/Ed. H. W. Klement. Baden-Baden, 1975.
292. *Klemmer E. T.* Communication and human performance.— Hum. Fact., 1962, vol. 4, N 2.
293. *Laming D. R.* Information of choice-reaction times. L., 1968.
294. *Laming D. R.* Mathematical psychology. N. Y., 1973.
295. *Levin K.* Vorsatz, Wille and Bedurfniss. Berlin, 1928.
296. *Levin K.* Field theory in social science. N. Y., 1934.
297. *Levin K.* Principles of topological psychology. N. Y., 1936.
298. *Loehlin J. C.* Computer models of personality. N. Y., 1968.
299. Readings in mathematical psychology / Ed. R. D. Luce, R. R. Bush. N. Y.: J. Wiley and Sons, Inc., 1963, vol. 1; 1965, vol. 2.
300. Handbook of mathematical psychology / Ed. R. D. Luce, R. R. Buch, E. Galanter. N. Y.; L., 1963.
301. *Marko H.* Die Theorie der bidirektionale Kommunikation.— Kybernetik, 1966, Bd. 3, H. 3.
302. *Marko H., Neuburger E.* Ueber gerichtete Grössen in der Informationstheorie.— Arch. elek. Ubertrag., 1967, Bd. 21, H. 2.
303. Mathematics and psychology / Ed. G. Miller. N. Y., 1962.
304. *Mowbray G. H., Rhodes M. V.* On the reduction of choice reaction times with practice.— Quart. J. Exp. Psychol., 1959, vol. 10.
305. *Rappoport A., Chammah A. M.* Prisonners dilemma.— Ann. Arbor, 1966. 356 p.
306. *Restle F., Greeno J. C.* Introduction to mathematicsl psychology. Boston, 1970, 420 p.

Оглавление

*

1 р. 10 к.